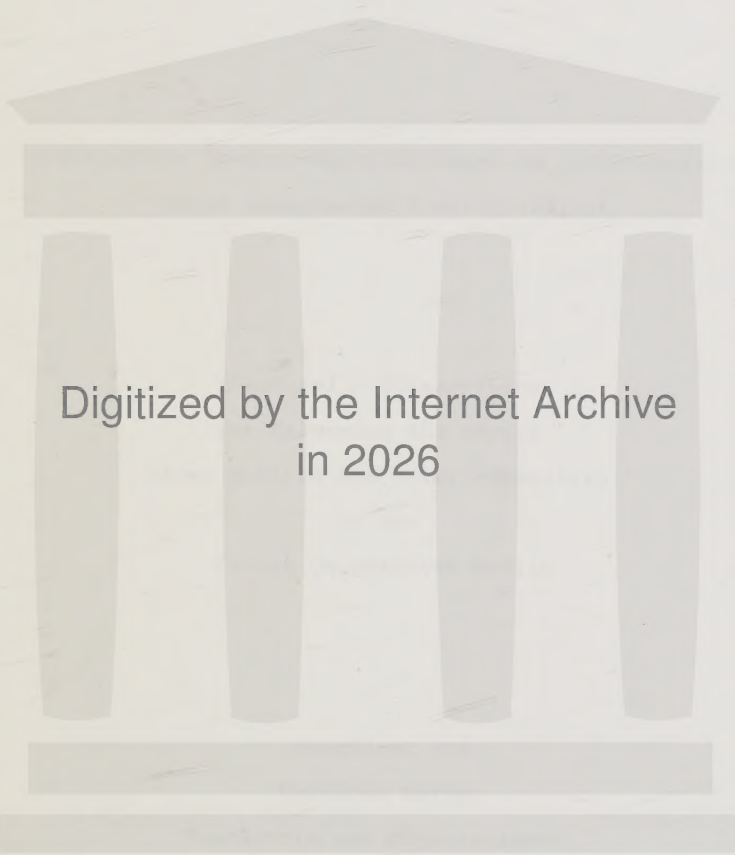


Aus dem Institut für Mikrobiologie, Geflügelkrankheiten,
Elektronenmikroskopie und Tierhygiene
im Fachbereich Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

Vergleichende Hygiene-Untersuchungen im Operationstrakt einer neuerbauten Kleintierklinik

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades
eines Doktors der Veterinärmedizin
an der
Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Marianne Berger
Tierärztin aus Münsterhausen
Berlin 1984
Journal-Nr. 1202



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546612_0042

Druck: Copy-Center in Dahlem
Ladenbergstraße 2-4
1000 Berlin 33
Tel. 831 40 25

Aus dem Institut für Mikrobiologie, Geflügelkrankheiten,
Elektronenmikroskopie und Tierhygiene
im Fachbereich Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

Vergleichende Hygiene-Untersuchungen im Operationstrakt
einer neuerbauten Kleintierklinik

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung des Grades
eines Doktors der Veterinärmedizin
an der
Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Marianne Berger
Tierärztin aus Münsterhausen
Berlin 1984
Journal-Nr. 1202

Gedruckt mit Genehmigung
des Fachbereiches Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

Fachbereichssprecher: Prof. Dr. F. Hörchner

Referent: Prof. Dr. S. Grund

Korreferent: Prof. Dr. H. Weiß

Tag der Promotion: 13. November 1984

Meinen Eltern und Geschwistern

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. <u>Einleitung</u>	1
2. <u>Literaturübersicht</u>	2
2.1 Die Bedeutung der Hygiene in der Medizin	2
2.2 Nosokomiale Infektionen	2
2.2.1 Definition und Häufigkeit nosokomialer Infektionen	2
2.2.2 Nosokomiale Infektionserreger	4
2.2.3 Ursachen für nosokomiale Infektionen	5
2.3 Bakterielle Kontamination von Klinikräumen	6
2.3.1 Kontamination von Oberflächen in der Klinik	6
2.3.2 Luftkeimquellen	8
2.3.2.1 Keimfreisetzung im Raum	8
2.3.2.2 Zufuhr kontaminierter Luft	10
2.3.3 Einflüsse auf den Kontaminationsgrad durch Temperatur und Luftfeuchtigkeit	11
2.4 Keimreduzierende Maßnahmen im Operations- trakt	13
2.4.1 Reinigung und Desinfektion von Flächen	13
2.4.2 Reduktion des Luftkeimgehaltes	13
2.5 Überprüfung der Hygiene in der Klinik	15
2.5.1 Methoden zur Bestimmung der Oberflächen- kontamination	16
2.5.1.1 Abspül- und Absprühmethoden	16
2.5.1.2 Abstrichverfahren	16
2.5.1.3 Indirekte Abklatschverfahren	17
2.5.1.4 Direkter Abklatsch	17
2.5.1.5 Vergleich der genannten Verfahren	19
2.5.2 Methoden zur Luftkeimbestimmung	20
2.5.2.1 Filtration der Luft	20
2.5.2.2 Aufprall auf Flüssigkeiten (Impingement)	21

	Seite
2.5.2.3	Aufprall auf feste Nährböden (Impaktion) 21
2.6	Anforderungen und Empfehlungen für die Hygiene in OP-Bereichen 22
2.6.1	Tiermedizin 22
2.6.2	Humanmedizin 23
3.	<u>Eigene Untersuchungen</u> 25
3.1	Material und Methode 25
3.1.1	Örtliche Gegebenheiten 25
3.1.1.1	Raumanordnung mit Probenentnahmestellen 25
3.1.1.2	Aufbau der Lüftungsanlage 28
3.1.2	Untersuchungsabschnitte 31
3.1.3	Untersuchungsmethoden 32
3.1.3.1	Keimzahlbestimmung auf Oberflächen 32
3.1.3.2	Luftkeimmessungen 32
3.1.3.3	Mikrobiologische Auswertung 36
3.1.3.3.1	Verwendete Nährböden 36
3.1.3.3.2	Auswertung der Kulturen 36
3.1.3.4	Untersuchung von Klimafaktoren 38
3.1.3.4.1	Messung von Raumklimawerten 38
3.1.3.4.2	Erfassung von Außenklimawerten 38
3.1.4	Biometrische Auswertung der Ergebnisse 39
3.2	Untersuchungsergebnisse 42
3.2.1	Ergebnisse der Oberflächenuntersuchungen 42
3.2.1.1	Keimzahlen der regelmäßig untersuchten Stellen 42
3.2.1.2	Keimspektrum der regelmäßig untersuchten Stellen 53
3.2.1.3	Ergebnisse nach Generalreinigung und -desinfektion 57
3.2.1.4	Luftfilter und Lüftungskanal 57
3.2.2	Ergebnisse der Luftkeimmessungen 61

		Seite
3.2.2.1	Luftkeimzahlen	61
3.2.2.2	Luftkeime und Partikelgrößen	63
3.2.2.3	Differenzierung der Luftkeime	63
3.2.3	Einfluß klimatischer Faktoren auf die Keimzahlen	65
4.	<u>Diskussion</u>	67
5.	<u>Zusammenfassung</u>	78
6.	<u>Summary</u>	80
7.	<u>Literaturverzeichnis</u>	82

1. Einleitung

Die Bedeutung der Hygiene in der Medizin ist hinreichend bekannt, insbesondere seit der Entdeckung der Bakterien als Krankheitserreger und ihrer Übertragungsmöglichkeiten in der Klinik. In jüngster Zeit, seit eine Verschiebung im Keimspektrum stattgefunden hat und zunehmend antibiotikaresistente Keime als Erreger von Krankenhausinfektionen auftraten, wurde Krankenhaushygienischen Maßnahmen neue Aufmerksamkeit geschenkt. In Krankenhäusern wurden zunehmend Untersuchungen über den Hygienestandard durchgeführt, insbesondere zur Überprüfung der Asepsis in operativen Bereichen.

In der Tiermedizin sollten ähnliche Voraussetzungen hinsichtlich des Hygienestatus in Operationsräumen gelten. Da hierüber noch wenig bekannt ist, befaßt sich diese Arbeit mit der Überprüfung des Hygienestatus im Operationstrakt der Klinik für kleine Haustiere der Freien Universität Berlin. Berücksichtigt werden Kontaminationsunterschiede zwischen Jahres-, Wochen- und Tageszeit sowie mögliche Einflüsse durch Schwankungen der Raumtemperatur und Raumluftfeuchte und Abhängigkeiten von Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen.

2. Literaturübersicht

2.1 Die Bedeutung der Hygiene in der Medizin

Seit der Zunahme von antibiotikaresistenten Keimen als Erreger von Krankenhausinfektionen wurde der Hygiene im Krankenhaus wieder erhöhte Bedeutung zugemessen (GUNDERMANN, 1977). Die Hauptaufgabe der Krankenhaushygiene ist präventiver Art und besteht darin, die Patienten vor Krankenhausinfektionen zu schützen (MÜLLER, 1981a). KANZ (1981) fordert insbesondere für die Operationsbereiche einen entsprechend hohen Hygienestandard, um dem dort erhöhten Infektionsrisiko durch sorgfältige Operationssaalhygiene entgegenzutreten.

Die Notwendigkeit präventiver hygienischer Maßnahmen besteht gleichermaßen für Tierkliniken. So weist BECH-NIELSEN (1979) auf die Verantwortung der Tierärzte hin, ihren Patienten in ihrer Klinik eine hygienisch einwandfreie Umgebung zu schaffen, insbesondere um sie vor nosokomialen Infektionen zu bewahren. Auch GLICKMAN (1981) betont, daß nosokomiale Infektionen nicht nur ein wichtiges Problem in der Human-, sondern auch in der Tiermedizin darstellen.

2.2 Nosokomiale Infektionen

2.2.1 Definition und Häufigkeit nosokomialer Infektionen

Die nosokomiale bzw. Krankenhausinfektion wird heute definiert als jede durch Mikroorganismen hervorgerufene Infektion, die im kausalen Zusammenhang mit einem Krankenhausaufenthalt steht, unabhängig davon, ob Krankheitssymptome bestehen oder nicht (BUNDESGESUNDHEITSAMT, 1976). Diese Definition gilt entsprechend

für Infektionen, die in Tierkliniken erworben werden (BECH-NIELSEN,1979; GLICKMAN,1981).

In der Humanmedizin gibt es zahlreiche Studien über die Häufigkeit, mit der Krankenhausinfektionen auftreten und wie sie sich manifestieren. In der Bundesrepublik Deutschland soll die Häufigkeitsrate 5 - 10 % betragen, wobei es starke Schwankungen für die verschiedenen Krankenhäuser und deren Abteilungen gibt (BUNDESGE-SUNDHEITSAMT,1976; DASCHNER,1981). Für nordeuropäische Länder nennen BENGTTSSON und Mitarbeiter (1979) nosokomiale Infektionsraten zwischen 7,4 % und 19,1 %. In den USA liegt die Häufigkeit nosokomialer Infektionen um ca. 5 % (GLICKMAN,1981).

Nach Angaben von verschiedenen Autoren manifestieren sie sich vorwiegend als Harnwegs- oder Wundinfektionen sowie als Infektionen des Respirationstraktes und als primäre Bakteriämien (DASCHNER,1979; SANDER,1981; HIRSCH,1982; u. a.). In chirurgischen Abteilungen herrschen Wundinfektionen vor (HEISTER u. MARGET, 1980).

In der Tiermedizin liegen keine umfassenden Untersuchungen über das Auftreten von nosokomialen Infektionen vor. BECH-NIELSEN (1979) berichtet lediglich von einer 8-monatigen Studie über postoperative nosokomiale Infektionen bei kleinen Haustieren in einer amerikanischen Universitätstierklinik. Von 183 operierten kleinen Haustieren wurden innerhalb von zwei Wochen 3 Hunde aufgrund einer Infektion wieder vorgestellt, 2 mit Wundinfektion und 1 mit Tracheobronchitis. Daraus ergibt sich eine nosokomiale Infektionsrate von ca. 1,5 %. Eine weitere Untersuchung befaßte sich nach GLICKMAN (1981) mit Klebsiella-Infektionen in einer amerikanischen Tierklinik. Sie erstreckte sich über 16 Monate und ergab eine nosokomiale Klebsiella-Infektionsrate von 3,1 % der Hunde.

2.2.2 Nosokomiale Infektionserreger

Die Staphylokokken waren lange Zeit die häufigsten Infektionserreger in der Chirurgie und wurden zunehmend durch antibiotikaresistente Stämme zum Problem (KIKUTH, 1960). Als Pathogenitätsmerkmal gilt bei Staphylokokken die Anwesenheit von Koagulase. GLAWOGGER (1969) nennt koagulasepositive Staphylokokken noch als vorherrschende Krankenhausinfektionserreger neben den immer häufiger auftretenden gramnegativen Keimen und Sproßpilzen. SONNABEND (1980) berichtet bereits von einem grundlegenden Wandel, der die Staphylokokken als nosokomiale Infektionserreger immer mehr in den Hintergrund treten läßt gegenüber den gramnegativen, z. T. mehrfachresistenten Keimen aus der Gruppe der Enterobacteriaceae und Pseudomonaden.

In den USA sind nach BENNETT (1979; zitiert nach GLICKMAN, 1981) 27 % der nosokomialen Infektionen beim Menschen polymikrobiell. Von den am häufigsten isolierten pathogenen Keimen steht *E. coli* an der Spitze, gefolgt von *Staphylococcus aureus*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Klebsiella* und Enterokokken. Neben diesen Infektionserregern spielen nach BÜRGER (1982) auch die Hefen (insbesondere der Gattungen *Candida* und *Torulopsis*) sowie die Schimmelpilze (insbesondere der Gattung *Aspergillus*) eine wichtige Rolle als Hospitalkeime.

Aus der Tiermedizin liegen nur wenige Untersuchungen über nosokomiale Infektionserreger vor. So ging ZEILLER (1966) dem Hospitalismusproblem in der Tierchirurgie nach. Bei seinen Untersuchungen in der Universitätstierklinik München isolierte er am häufigsten Staphylokokken- und Streptokokkenarten aus infizierten Wunden bei großen und kleinen Tieren sowie einen relativ hohen Anteil an

Corynebacterium pyogenes vornehmlich bei Rindern. Daneben liegen lediglich Untersuchungen über einige Hospitalinfektionsausbrüche vor, die durch einzelne bestimmte Keimarten hervorgerufen wurden, wie z. B. Salmonelleninfektionen bei jungen Katzen (TIMONEY et al., 1978) oder Klebsiellainfektionen bei Hunden (GLICKMAN, 1981).

2.2.3 Ursachen für nosokomiale Infektionen

Da der Patient im Krankenhaus mit zahlreichen, häufig pathogenen Keimen in Kontakt kommt und oftmals durch seine Krankheit oder durch immunsuppressive Medikamente eine geschwächte Abwehrlage aufweist, ist das Infektionsrisiko im Krankenhaus besonders hoch. DASCHNER (1979) nennt als Hauptursachen von nosokomialen Infektionen neben der Ausbreitung resistenter Erreger und der zunehmenden Disposition und Keimexposition der Patienten die Vernachlässigung hygienischer Maßnahmen. Auch MÜLLER (1981a) betont die Bedeutung, die hierbei den Hygienemaßnahmen zukommt, da die Umwelt des Patienten als potentielles Erregerreservoir eine große Rolle spielt. Dies trifft in besonderem Maße für Operationsräume zu, da bei Operationen jede Keimart zum Krankheitserreger werden kann und für das Angehen einer Infektion auch die Zahl der Keime entscheidend ist, die im Verlauf der Operation im Wundgebiet haftet (ZEILLER, 1966; LITONSKI, 1974). So spielen sowohl die Art und Dauer der Operation als auch die Resistenzlage des Patienten eine Rolle bei der postoperativen Infektionsgenese (SCHWARZ, 1980).

Die genannten Gründe für postoperative Infektionen gelten nach WÖRNER u. a. (1975) auch für die Tiermedizin. Daß die Veterinärchirurgie bisher noch nicht in dem gleichen Maße mit dem Problem postoperativer Wund-

und Allgemeininfektionen konfrontiert wurde wie die Humanchirurgie, liegt ihrer Ansicht nach vorwiegend daran, daß in der Tiermedizin im allgemeinen nicht so häufig komplizierte und langdauernde Operationen vorkommen.

2.3 Bakterielle Kontamination von Klinikräumen

Die wichtigsten Keimquellen für Räume mit hohen Anforderungen an die Keimarmut, wie sie z. B. Operationsräume darstellen, sind Mensch und Tier. Daneben kann ein Keimeintrag durch Geräte und andere Gegenstände sowie über die Luft, in ungünstigen Fällen sogar durch die Lüftungsanlage, stattfinden.

2.3.1 Kontamination von Oberflächen in der Klinik

Die Kontamination von Oberflächen in der Klinik findet vornehmlich durch direkten Kontakt mit dem Patienten, seinen Sekreten und Exkrementen sowie über kontaminierte Gegenstände und Flüssigkeiten statt. Auch das Pflegepersonal erwies sich als bedeutende Keimquelle, wobei insbesondere durch die Hände, aber auch durch die Haare sowie über Kittel und Schuhwerk eine oft erhebliche Keimverschleppung stattfindet (KANZ, 1966; WERNER u. a., 1976). Die Oberflächenkontamination wurde des öfteren in operativen Bereichen bestimmt. KANZ (1966) fand bei seinen Abklatschuntersuchungen mittels Zellophanfolie überwiegend Staphylokokken. Von Geräten und Gegenständen im aseptischen Operationssaal ermittelte er Staphylokokkenzahlen unter 20 pro 70 cm², im Kreißaal bis zu 100 pro 70 cm². GUNDERMANN (1969, 1974b) führte umfangreiche Oberflächenuntersuchungen mittels bouillongetränkten Filterpapiers in verschiedenen Krankenhausbereichen durch. Mit durchschnittlich

97 Keimen pro 100 cm² lag die Keimzahl in den Operationsabteilungen deutlich unter dem Gesamtdurchschnitt von 297 Keimen pro 100 cm² aller Klinikbereiche. Im zahnärztlichen Praxisbereich fanden GRÄF und MÜLLER (1976) mit direktem Abklatschverfahren auf den Oberflächen einer chirurgischen Klinikabteilung vor Beginn der Behandlungsperiode durchschnittlich 190 Keime pro 70 cm², am Ende der Behandlungsperiode 370 Keime pro 70 cm². Sie isolierten überwiegend saprophytäre Kokken, aerobe Sporenbildner und apathogene Corynebakterien. Ein entsprechendes Keimspektrum zeigte sich im Krankenhaus. GUNDFERMANN (1974b) fand fast regelmäßig *Staphylococcus albus* und Sporenbildner, weniger häufig *Sarcinen* und *Corynebakterien* und stufte diese Keimarten als normale Keimflora ein. An pathogenen Keimarten isolierte er von Oberflächen in operativen Abteilungen am häufigsten *Staphylococcus aureus*, gefolgt von *Streptokokken*, *Pseudomonas aeruginosa*, *E. coli* und Keimen aus der *Klebsiella-Aerobacter*-Gruppe. Die Nachweishäufigkeit der pathogenen Staphylokokken war in Operationsabteilungen überdurchschnittlich hoch. Auch andere rein qualitative Oberflächenuntersuchungen in chirurgischen Klinikabteilungen, die teilweise neben Geräten und Mobiliar auch das Personal und die Patienten erfaßten, ergaben an pathogenen Keimen vorwiegend Staphylokokken (KANZ, 1966; KRÖGER u. PÖSCHEL-SIEDENBURG, 1972; WERNER u. a., 1976; DOHRMANN u. KANZ, 1978). Gramnegative potentiell pathogene Keime wurden seltener und vorwiegend in nassem Milieu gefunden. Feuchtstellen, wo Wasser stagniert, sind Prädilektionsstellen für gramnegative Naß- und Pfützenkeime, insbesondere *Pseudomonas aeruginosa* und *Aerobacter* (GRÜN, 1970). An solchen Stellen, z. B. Befeuchter, Waschbecken, Gullies etc., werden gramnegative Keime oft gehäuft nach-

gewiesen (GUNDERMANN, 1972; CASELITZ u. FREITAG, 1977; KANZ, 1981).

In der Tiermedizin wurden vergleichbare Umgebungsuntersuchungen von WÖRNER u. a. (1975) in einem Kleintieroperationsraum durchgeführt. Als besonders keimreich erwiesen sich unter anderen schwer zugängliche bzw. häufig berührte Teile des Operationsraumes und der Geräte. Die isolierten Keime setzten sich überwiegend aus pathogenen und apathogenen Staphylokokken (53 %), aeroben Sporenbildnern (20 %) und *Pseudomonas aerug.* (15 %) sowie Streptokokken (3,8 %) zusammen. Gramnegative Keime wurden außer *Pseudomonas aeruginosa* kaum gefunden (u.a. *Proteus* 0,2 %, *Coliforme* 0,1 %).

Neben direktem Kontakt durch Personen, Tiere und kontaminierte Gegenstände kann eine Kontamination von Oberflächen auch über verunreinigte Luft und keimbeladene Staubpartikel stattfinden. Viele keimbeladene Partikel halten sich nur kurzfristig in der Luft auf, bevor sie auf den Boden oder andere Flächen sedimentieren bzw. sich dort anhaften. HILBRIG (1972) errechnete für einen Versuchstierstall, daß sich dort die Luftkeime durchschnittlich nur etwa 10 Minuten im Schwebezustand halten.

2.3.2 Luftkeimquellen

Die Kontamination der Raumluft kann zum einen durch das Eindringen bereits bakteriell verunreinigter Luft von außen sowie im Raum selbst durch Ablösungsvorgänge von kontaminierten Oberflächen und durch Keimemission von Personen und Tieren verursacht werden.

2.3.2.1 Keimfreisetzung im Raum

Mensch und Tier geben ständig, auch ohne Tätigkeit,

Keime an die Luft ab (HERDLITSCHKA,1980). Die Keimabgabe findet vornehmlich durch das Ablösen keimhaltiger Partikel von Haut und Haaren sowie durch Expirationströpfchen aus dem Nasen-Rachenraum statt, wobei überwiegend Mikrokokken in die Luft gelangen (MÜLLER,1981a). Zahlreiche Untersuchungen befaßten sich mit der Keimfreisetzung in Räumen mit hohen Anforderungen an die Keimarmut. Bei ihren vergleichenden Untersuchungen in einer künstlich belüfteten tierexperimentellen Abteilung fanden RECKZEH und DONTENWILL (1973) eine Abhängigkeit des Luftkeimpiegels von der Besatzdichte, der Aktivität, der Raumgröße, der Belüftungsrate und von Verunreinigungen auf Oberflächen. In den leeren Räumen ergaben die Luftkeimmessungen (Slit-Sampler) mittlere Keimzahlen von $6,0-8,8/\text{m}^3$, bei Anwesenheit von drei bis sechs Personen wurden $19,3 - 77,2$ Keime/ m^3 registriert und in den mit Tieren besetzten Räumen $133,2 - 632,5$ Keime/ m^3 .

Auch in Operationsräumen wurde mit steigender Anzahl (DUVLIS,1979) als auch erhöhter Aktivität der anwesenden Personen ein deutlicher Anstieg der Luftkeimwerte gemessen. DOHRMANN und KANZ (1978) fanden in klimatechnisch versorgten Operationsräumen bei wenig Aktivität durchschnittlich 57 Keime/ m^3 , bei mäßiger Aktivität 327 Keime/ m^3 und bei starker Aktivität 968 Keime/ m^3 (mit dem Casella-Slit-Sampler). In Operationsbereichen mit natürlicher Lüftung findet meist ein starker Luftkeimanstieg bei operativer Belastung statt. RUSSENBERGER u. a. (1974) registrierten einen Anstieg von durchschnittlich 200 vor auf fast 700 Keime/ m^3 während Operationen (Slit-Sampler). Auch SONNTAG u. a. (1979) fanden bei operativer Belastung eine kontinuierliche Vermehrung der Luftkeimzahlen, die Werte bis zu 1.500 Keimen/ m^3 Luft

erreichten (Sartorius- und RCS-Geräte).

HOPPENKAMPS (1979) ermittelte eine stündliche Keimfreisetzung von über 80.000 koloniebildenden Einheiten (KBE) pro Stunde und pro Person während einer Operation. Diese Zahl beinhaltet auch Mikroorganismen, die vom Boden aufgewirbelt wurden.

So haben grundsätzlich hohe Keimzahlen auf Oberflächen nach GUNDERMANN (1974a) stets auch hohe Luftkeimzahlen im Gefolge. Bei ihren Luftkeimmessungen vor und während Operationen fanden SONNTAG u. a. (1979) zu über 90 % Staphylokokken. Aerobe Sporenbildner, Sarzinen, Pilze, Pseudomonaden und Streptokokken traten in sehr geringer Anzahl auf.

2.3.2.2 Zufuhr kontaminierter Luft

Die natürliche Lüftung über Fenster und Türen ist in der Regel für Räume mit hohen Anforderungen an die Keimarmut unzureichend. Sie kann bei hohen Außenluftkonzentrationen, die nach WANNER (1969) in Städten bis zu mehreren Tausend Keime/m³ betragen, zu einer zusätzlichen Raumlufthkontamination führen. Daher wird für Operationsbereiche eine Raumlufthtechnische Anlage (RLT) mit ausreichender Filterung der zugeführten Luft gefordert, um den Luftkeimpegel möglichst niedrig zu halten. Aber zahlreiche Untersuchungen haben gezeigt, daß Lüftungsanlagen aus hygienischer Sicht mehrere höchst bedenkliche Stellen aufweisen können. Fehlplanungen beim Bau oder mangelnde Wartung haben zum Teil einen massiven Keimeintrag in die Raumlufth zur Folge. So kann falsch gewählte Außenluftansaugung (z. B. vom Erdboden) oder mikrobielles Wachstum in der Lüftungsanlage zu hoch kontaminierter Zuluft führen, insbesondere bei schadhaften oder ungenügend abgedichteten Endfiltern

(BOTZENHART, 1976; BECKERT, 1982). WANNER (1969) fand bei seinen Luftkeimmessungen in Operationssälen eine hohe Anzahl an Pilzen, die durch verunreinigte Luftzufuhrkanäle und undichte Filter verursacht wurde. Als besondere Gefahrenquelle erwiesen sich Luftbefeuchtungsanlagen mit Umlaufsprühbefeuchtern. PITZ (1975) erhielt bei Untersuchungen von ungefilterter Zuluft, die durch eine hoch kontaminierte Düsenkammer befeuchtet wurde, Luftkeimzahlen zwischen 700 und 2.900/m³ (mit dem Andersen-Sampler). Das Wasser der Düsenkammern enthielt überwiegend gramnegative Keime, insbesondere Pseudomonaden. Diese fanden sich auch in einem solcherart belüfteten Operationsraum, in welchem er 30 % der Luftkeime als *Pseudomonas pyocyanea* identifizierte.

Ebenso führt Feuchtigkeitsniederschlag auf den Wänden oder Aggregaten der Anlage oft zu hoher Luftverkeimung, z. B. durch Schimmelpilze (BOTZENHART, 1976).

Neben der direkten Zufuhr kontaminierter Luft durch RLT-Anlagen kann ungünstige Druckhaltung das Einströmen unreiner Luft von außen oder aus den umliegenden Räumen bzw. Gängen durch natürliche und bauliche Undichtigkeiten verursachen (RECKZEH u. DONTENWILL, 1973; LITONSKI, 1974).

2.3.3 Einflüsse auf den Kontaminationsgrad durch Temperatur und Luftfeuchtigkeit

Die natürliche Absterberate der Bakterien wird nach RATHMACHERS und BORNEFF (1977) nur begrenzt von der Raumlufttemperatur beeinflusst, insbesondere wenn sie innerhalb des Bereiches von 16-26 °C liegt.

Der Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf das Absterbeverhalten der Bakterien wurde von verschiedenen Un-

tersuchern zum Teil unterschiedlich bewertet, was GUNDERMANN (1969) auf ungleiche Versuchsbedingungen zurückführt.

Vergleichbare Untersuchungen ergaben für Bakterien auf Oberflächen eine erhöhte Absterberate mit zunehmender Luftfeuchtigkeit. McDADE und HALL (1964) fanden für verschiedene gramnegative Keimarten bei niedriger Luftfeuchte (11 %) weit höhere Überlebensraten als bei 53 % und 85 %. Auch RATHMACHERS und BORNEFF (1977) erzielten mit höherer Luftfeuchtigkeit (75 %) eine verstärkte Absterberate, sowohl bei grampositiven als auch gramnegativen Bakterien. Entsprechende Ergebnisse erzielte JERRATSCH (1980) bei ihren Untersuchungen über das Absterbeverhalten von *Staphylococcus aureus*, das bei 32 % auch geringer war als bei 50 % und 70 % relativer Feuchte. Allerdings konnte sie bei 100 % relativer Luftfeuchtigkeit eine protektive Wirkung, bei 0 % hingegen eine sehr hohe Absterberate feststellen.

GUNDERMANN (1972) untersuchte die Überlebensdauer von verschiedenen Keimarten (*Staph. aureus*, *E. coli*, *Klebsiellen* und *Ps. aerug.*) in Staub bei unterschiedlichen Luftfeuchtigkeiten. Er kam zu dem Ergebnis, daß unabhängig von der relativen Feuchte stets damit gerechnet werden muß, daß "einmal kontaminierte Stellen im Krankenhaus über Monate bis Jahre infiziert bleiben", da die Überlebensdauer von Bakterien in Staub bis zu über einem Jahr beträgt.

2.4 Keimreduzierende Maßnahmen im Operationstrakt

2.4.1 Reinigung und Desinfektion von Flächen

Die Reinigung und Desinfektion von Flächen sind sehr bedeutsame Dekontaminationsmaßnahmen zur Verminderung der mikrobiellen Besiedlungsdichte im Raum (RÜDEN u. GUNDERMANN, 1979). Hierbei eignet sich am besten die Scheuerdesinfektion, da durch sie gleichzeitig die Beseitigung von keimhaltigen Schmutzpartikeln und besonders von Sporen stattfindet (GUNDERMANN, 1977). Auch WEUFFEN (1980) betont, daß die laufende sorgfältige Reinigung und die Desinfektion einander ergänzen müssen, da die Desinfektion nicht wirksam werden kann, wenn grobe Verschmutzungen vorhanden sind, die die Keime umhüllen und sie damit der Einwirkung des Desinfektionsmittels entziehen. Die Reinigung soll zu einer Keimzahlverminderung bzw. zu einer Freilegung der Keime führen, die Desinfektion soll eine Abtötung aller vegetativen Krankheitserreger bewirken.

KNIPPENBERGER (1969) und KANZ (1981) warnen vor der Verwendung von feuchten Putzutensilien, da diese ideale Wachstumsbedingungen für Naß- und Pfützenkeime aufweisen und somit starke Keimquellen darstellen.

2.4.2 Reduktion des Luftkeimgehaltes

Die wirksamste Maßnahme zur Einhaltung eines konstant niedrigen Keimpegels der Luft ist eine effektive Belüftung des Raumes (WANNER, 1972). Durch einwandfreie RLT-Anlagen wird der Raum mit gefilterter keimarmer Luft versorgt. Gleichzeitig wird die kontaminierte Raumluft eliminiert. Für operative Berei-

che wird eine dreistufige Filterung mit einem Schwebstofffilter als Endfilter gefordert, wodurch fast keimfreie Zuluft erzielt werden kann. Als ausreichende Luftwechselrate für übliche Operationsansprüche ermittelten STEUER und SACRÉ (1976) den 24-fachen Luftwechsel pro Stunde. Durch die Klimaanlage mit Schwebstofffilter wurde bei einem 24-fachen Luftwechsel innerhalb von 30 Minuten eine Keimreduktion von über 10^4 Mikrokokken auf 6 Keime/m³ erzielt. Eine entsprechend rasche Keimeliminierung fanden MERÖ u. a. (1982) bereits bei einem 15- und 20-fachen Luftwechsel.

Während Operationen, wo eine ständige Keimausstreutung stattfindet, wird durch RLT-Anlagen mit 20-fachem Luftwechsel eine Keimreduktion auf ca. 10 % erreicht. RUSSENBERGER u. a. (1974) isolierten im Operationsraum mit natürlicher Lüftung ca. 700 Keime/m³, bei 12-fachem Luftwechsel ca. 300 Keime/m³ und bei RLT-Anlage mit 20-fachem Luftwechsel und Hochschwebstofffilter nur ca. 70 Keime/m³ Luft. Entsprechende Ergebnisse erzielten SONNTAG u. a. (1979), die bei Operationen ohne Lüftungsanlage durchschnittlich 847 Keime/m³, dagegen mit regelrechter Lüftung 71 Keime/m³ fanden.

Um die Luftkeimzahl zu senken, wurde früher auch Desinfektionsmittel verdampft oder versprüht. Dieses Verfahren wird heute, besonders bei künstlicher Belüftung, als wirkungslos angesehen (GUNDERMANN, 1977; DASCHNER, 1981).

In Operationssälen werden häufig Ultraviolettstrahlen zur Reduzierung des Keimgehaltes verwendet. Da direkte UV-Bestrahlung gesundheitliche Schäden hervorruft, kann sie nur in leeren Räumen zur Desinfektion angewandt werden. GUNDERMANN (1969) fand durch UV-Strahler eine hohe keimreduzierende Wirkung, wel-

che in direktem Verhältnis zur angewandten Strahlendosis steht. Daher sollten Operationssäle in den Betriebspausen intensiv bestrahlt werden. Die indirekte Bestrahlung, bei der die UV-Strahlung nach oben zur Decke gerichtet ist, erbrachte weniger gute Ergebnisse während des Operationsbetriebes. WANNER (1972) fand zwar im leeren Operationsraum eine signifikante Reduzierung der Luftkeimzahlen, doch die Keimpegelspitzen im Verlauf einer Operation konnten durch die indirekte UV-Bestrahlung nicht beseitigt werden.

Neben der Ventilation und UV-Bestrahlung testete GUNDERMANN (1969) die keimreduzierende Wirkung durch Anlage eines den gesamten Raum umfassenden elektrischen Gleichfeldes. Diese Methode erbrachte weniger günstige Ergebnisse als die UV-Bestrahlung, jedoch eine Kombination beider Verfahren zeigte sehr gute Erfolge.

2.5 Überprüfung der Hygiene in der Klinik

Nach DOHRMANN und KANZ (1978) sind bakterielle Umgebungsuntersuchungen in Krankenhäusern, speziell in Operationsabteilungen, längst zu einem bewährten Werkzeug zur Überprüfung der Krankenhaushygiene geworden. Allerdings sind wiederholte längere Untersuchungen nötig, um exakte Aussagen über die mikrobielle Kontamination machen zu können und damit Hinweise über die Effektivität der Desinfektionsmaßnahmen zu erhalten.

Als ein Maß für die Hygiene einer Klinik nennt GUNDERMANN (1974b) sowohl die quantitative als auch die qualitative Erfassung der Oberflächen- und Luftkontamination. Auch GRÄF (1974) mißt nicht nur der Erfassung der Keimzahlen, sondern auch der Bestimmung der

Keimarten entscheidendes Gewicht bei.

Für bakteriologische Umgebungsuntersuchungen sind spezielle Untersuchungsmethoden erarbeitet worden, sowohl für die Erfassung der Luft- als auch der Oberflächenkontamination.

2.5.1 Methoden zur Bestimmung der Oberflächenkontamination

Für die Lebensmittelhygiene, insbesondere auch für die fleischverarbeitende Industrie, wurden zahlreiche Verfahren entwickelt, die teilweise für Hygieneuntersuchungen in Kliniken übernommen wurden (WALTER, 1955; HALL und HARTNETT, 1964; BOHNENSTENGEL, 1979).

2.5.1.1 Abspül- und Absprühmethoden

Bei der Abspülmethode werden kleine Gegenstände in steriler Lösung geschüttelt, von größeren Flächen wird ein definierter Bereich mit Flüssigkeit gründlich benetzt. Die Spülflüssigkeit kann daraufhin quantitativ und qualitativ auf Keime untersucht werden. Höhere Keimzahlen werden durch Absprühen der Oberflächen unter Druck erzielt, wofür THRAN (1979) ein spezielles Probenahmegerät entwickelte. Diese Methode der Keimzahlbestimmung ist vorwiegend für Tierkörper und Behälter geeignet (BOHNENSTENGEL, 1979).

2.5.1.2 Abstrichverfahren

Beim Abstrich- oder Tupferverfahren wird die Testoberfläche mit einem sterilen angefeuchteten Tupfer aus Watte, Mull, Schaumstoff oder Calcium-Alginat unter leichtem Druck abgerieben und damit ein flüssiges

oder festes Nährmedium beimpft. Das Abstrichverfahren fand vorwiegend in der Fleischindustrie Anwendung (HUDEMANN,1982a). Es ist geeignet für stark unregelmäßige Flächen oder schwer zugängliche Teile von Apparaten. Wegen zu hohen Zeitaufwandes wurde es in der medizinischen Praxis selten angewandt (BOHNENSTENGEL,1979).

2.5.1.3 Indirekte Abklatschverfahren

Beim indirekten Abklatschverfahren erfolgt ein Abdruck von der Testoberfläche mittels steriler angefeuchteter Träger, welche nach der Probenentnahme auf feste Nährböden gelegt werden. KANZ (1966) benutzte als Träger Zellophanfolien. GUNDERMANN (1967) testete verschiedene Filterpapiere auf ihre Eignung als Abklatschstreifen, wobei er mit bouillongetränkten Filterpapierstreifen gute Ergebnisse erzielte. DARBORD und BRION (1976) entwickelten nährbodenbeschichtete Membranfilter.

Ein Vorteil der indirekten Abklatschmethode liegt darin, daß auch Kanten und Rillen in die Oberflächenuntersuchungen miteinbezogen werden können. Die Rückgewinnungsrate sinkt durch Keimverluste auf den Teststreifen (BOHNENSTENGEL,1979).

2.5.1.4 Direkter Abklatsch

Direkte Abklatschverfahren haben im medizinischen Bereich die größte Bedeutung für den Keimnachweis auf Oberflächen (HUDEMANN,1982a). Feste Nährböden auf starren oder flexiblen Trägern werden in direkten Kontakt mit den zu untersuchenden Flächen und Gegenständen gebracht, leicht angedrückt und nach Abnahme zur Keimzählung bebrütet.

Es sind zahlreiche Modifikationen des Agarkontaktverfahrens entwickelt worden. Nach ihren unterschiedlichen Nährbodenträgern werden sie in starre und flexible Abdruckmethoden unterteilt. Erstere dienen vorwiegend zur Untersuchung weitgehend ebener Flächen, mit letzteren können auch stark gekrümmte Oberflächen direkt erfaßt werden.

Zu den flexiblen Methoden gehört die Agarflexkontaktkultur nach KANZ (1966), bei welcher der Nährboden in Kunststofftaschen gefüllt wird und die Abdrücke von Oberflächen durch Öffnen der präformierten Kontaktfenster in der Deckfolie ermöglicht werden. Eine Modifikation entwickelten KLEIN und WERNER (1969) durch präparierte Schaumstoffschwämme als Nährbodenträger. GRÄF (1974) schlug zur Nährbodenbeschichtung selbstgefertigte Kartonscheiben vor.

Zu den gebräuchlichsten starren Agarkontaktverfahren zählten die Agarzylindermethode nach LITSKY (zitiert nach WALTER, 1955) und die abgeänderte Agarwurstmethode nach TEN CATE (1963). Bei der Agarzylindertechnik wird der feste Nährboden aus starren Glas- oder Metallröhren, z. B. großen Spritzen, mit einem Stempel etwas herausgeschoben und auf die Testfläche gedrückt. Nach jedem Abdruck wird mit einem sterilen Messer eine Agarscheibe abgeschnitten und mit der Kontaktseite nach oben in einer Petrischale bebrütet. Die Agarwurstmethode entspricht diesem Prinzip, wobei der Nährboden in synthetische Darmhaut gefüllt ist.

HALL und HARTNETT (1964) entwickelten als Agarträger eine spezielle Petrischale aus Kunststoff, die bis zum Rand mit Nährboden gefüllt wird und somit einen direkten Abdruck von Oberflächen ermöglicht. Diese sog. Rodac-Platten sind im Handel sowohl mit als auch ohne Nährboden erhältlich. Durch ihre einfache

und rasche Handhabung sowie überall schnelle Verfügbarkeit sind sie für Serienuntersuchungen in der Klinik besonders gut geeignet.

2.5.1.5 Vergleich der genannten Verfahren

Als großer Vorteil der direkten Abklatschverfahren gegenüber den übrigen genannten Methoden gilt ihre einfache Handhabung und Auswertung, die neben der Keimzahl- und Keimartenbestimmung auch eine topographische Verteilung der Kolonien liefert. Das Abspülverfahren halten WERNER und Mitarbeiter (1977) für die technisch aufwendigste Methode. Die relativ hohen Keimzahlen, die sich damit ergeben, führen sie auf die bessere Zerteilung von Keimanhäufungen zurück.

Mit dem indirekten Abdruckverfahren werden geringere Keimzahlen erzielt als mit dem direkten, da Keimverluste auf den Teststreifen auftreten (BOHNENSTENGEL, 1979). TAMMINGA und KAMPELMACHER (1977) erhielten beim direkten Abklatsch höhere Keimausbeuten als beim indirekten Abklatsch und als beim Abstrichverfahren. MAUNZ und KANZ (1969) errechneten aufgrund ihrer Versuche Faktoren, mit denen die Ergebnisse des ersten direkten Abdruckes jeweils multipliziert werden müssen, um auf den insgesamt erfaßbaren Keimgehalt rückschließen zu können. Für glatte Materialien wie Folie, Metall und Glas beträgt der Faktor 3 - 3,4, was einer Rückgewinnungsrate von ca. 33 % beim ersten Abdruck entspricht. GRÄF (1974) nennt für alle Oberflächen beim einmaligen direkten Abklatsch eine Keimausbeute von 25 %. Beim dreimaligen Abdruck mittels Rodac-Platten werden nach WERNER und Mitarbeitern (1977) über 90 % der erfaßbaren Keime nachgewiesen.

Auch erbrachte der Abdruck mittels Rodac-Platten besser reproduzierbare Ergebnisse als die Tupferabstrich- und Abspülverfahren (ANGELOTTI et al., 1964; BORNEFF, 1977). Er ermöglicht mit geringem Arbeitsaufwand eine große Zahl von vergleichbaren Einzelproben auf weitgehend ebenen Flächen.

2.5.2 Methoden zur Luftkeimbestimmung

Die Luftkeime werden in schwebende und sedimentierende Partikel unterteilt. Die sedimentierenden Keime lassen sich durch das Aufstellen von festen Nährböden, sog. Sedimentationsplatten, nachweisen. Diese Methode ist einfach, dient aber lediglich zur Orientierung (HUDEMANN, 1982b).

Zur Erfassung der in der Luft schwebenden Keime werden Luftkeimsammelgeräte eingesetzt. Sie saugen eine bestimmte Luftmenge an und ermöglichen somit eine quantitative Aussage über die Luftkeimkonzentration (EXNER und KRIZEK, 1981). Das Auffangen und Anreichern der vorhandenen Mikroorganismen erfolgt im wesentlichen nach drei verschiedenen Methoden: Durch Luftaufprall auf feste Nährböden oder auf Flüssigkeiten sowie durch Filtration der Luft.

2.5.2.1 Filtration der Luft

Die Luft wird durch Membran- oder Gelatinefilter gesogen, welche die vorhandenen Keime absorbieren. Zur Bebrütung werden die Filter auf feste oder flüssige Nährböden verbracht. Die Filter können nach verschiedenen Porengrößen ausgewählt werden. Heute werden meist Gelatinefilter verwendet, da sie die Keime besser vor Austrocknung schützen (ROTTER u. KOLLER, 1973). Am gängigsten sind die Luftkeim-Filtrations-

geräte der Fa. Sartorius.

2.5.2.2 Aufprall auf Flüssigkeiten (Impingement)

Die zu prüfende Luft wird nach dem Prinzip einer Gaswaschflasche durch eine Flüssigkeit geleitet, wobei die Keime in der Flüssigkeit haften und isoliert werden können.

Ein gebräuchliches Gerät ist der All-Glas-Impinger (BOTZENHART, 1979).

2.5.2.3 Aufprall auf feste Nährböden (Impaktion)

Die Luft wird zunächst durch Passage enger Schlitze oder Löcher auf hohe Geschwindigkeiten gebracht und unmittelbar danach über einen festen Nährboden umgelenkt, wo keimbeladene Partikel aufgrund ihrer Masse haften bleiben.

Auf dieser Basis arbeiten die heute vorwiegend gebräuchlichen Geräte. Mit dem CASELLA-Schlitzsammler wird durch eine rotierende Nährbodenplatte die zeitliche Verteilung der Keimkonzentration im Verlauf der Probenentnahme erfaßt. Er eignet sich daher besonders für die Erfassung kurzzeitig stark schwankender Luftkeimzahlen.

Ein handliches Gerät stellt der Reuter-Centrifugal-Sampler (RCS) dar, der mit einem Flügelrad als Luftbeschleuniger ausgestattet ist. Mit Nähragar beschichtete Folien dienen zum Auffangen der Luftkeime.

Beim ANDERSEN-Kaskadenimpaktor erfolgt eine Auftrennung der Luftkeime nach ihrer Partikelgröße anhand von sechs übereinanderliegenden Siebplatten mit unterschiedlichem Lochdurchmesser. Die darunterliegenden Nährbodenplatten können direkt nach der Bebrü-

tung quantitativ und qualitativ ausgewertet werden. Die Bestimmung der Partikelgrößen ist im Krankenhaus, besonders im Operationsraum wichtig, da sie z. T. auf die Herkunft der Keime hinweisen und darauf, ob sie lungengängig sind (KANZ, 1966; RUSSENBARGER u. a., 1974; HERDLITSCHKA, 1980; RÜDEN u. a., 1980).

Für Serienuntersuchungen in der Praxis eignet sich die Impingermethode nicht, da sie zu arbeits- und zeitaufwendig ist (GUNDERMANN, 1969). Die relativ hohen Luftkeimwerte, die RECKZEH und DONTENWILL (1973) im Vergleich zum Slit-Sampler fanden, werden auf die Zerteilung von bakterientragenden Partikeln in der Flüssigkeit zurückgeführt.

Daher sind für längerdauernde Luftkeimuntersuchungen die anderen genannten Geräte besser geeignet, die nach AZUBUIKE (1975) ähnliche Keimausbeuten ergaben. Für Operationsräume ist der Andersen-Sampler durch die Einteilung der Keime in Partikelgrößen besonders geeignet.

2.6 Anforderungen und Empfehlungen für die Hygiene in OP-Bereichen

2.6.1 Tiermedizin

Für Operationsbereiche in Tierkliniken gibt es bisher kaum einschlägige Empfehlungen hinsichtlich ihres Hygienestandards. Das ROYAL COLLEGE of VETERINARY SURGEONS (1976) listete die Mindestanforderungen auf, die an Tierkliniken zu stellen sind. Neben allgemeinen Forderungen, unter anderem nach Sauberkeit und adäquater Lüftung, werden auch gut zu reinigende und zu desinfizierende Wände und Böden sowie Ellbogen- und Fußhebel empfohlen. Es wird auch

auf die notwendige Abtrennung des Operationsraumes vom Vorbereitungsraum hingewiesen.

2.6.2 Humanmedizin

Für Krankenhäuser gelten genaue und strenge Richtlinien hinsichtlich der zu treffenden Hygienemaßnahmen. Hierzu zählt die "Richtlinie für die Erkennung, Verhütung und Bekämpfung von Krankenhausinfektionen", die von einer Kommission des BUNDESGESUNDHEITSAMTES (1976) erarbeitet wurde.

Die Anforderungen an Raumlüftungstechnische Anlagen in Krankenhäusern sind in DEUTSCHEN NORMEN (DIN 1946 Teil 4, 1978) festgelegt. Hiernach sind für Operationsbereiche (Operationsräume mit zugehörigen Nebenräumen und Fluren) RLT-Anlagen unentbehrlich. Es werden detaillierte "hygienische und technische Grundforderungen" an die Lüftungsanlagen gestellt. Sie enthalten unter anderem Bestimmungen über die Außenluftansaugung, die Anzahl und Klassen der Filterstufen sowie deren Wartung und hygienische Kontrolle. Für die versorgten Räume wurden Empfehlungen an die Temperatur und zugehörige Feuchte sowie an die Luftwechselrate gegeben. Im Gegensatz zu den DEUTSCHEN NORMEN wurden in den USA und in der Schweiz auch Richtwerte für die Luftkeimkonzentration in Operationsräumen festgelegt, an welchen sich die Rahmenrichtlinien von Niedersachsen orientierten. Danach sollten in der Zuluft von Operationsräumen mit hohen Anforderungen an die Keimarmut weniger als 70 Keime/m³ Luft vorhanden sein (EXNER u. KRIZEK, 1981). Einen differenzierteren Vorschlag für Richtwerte von Luftkeimzahlen gab RÜDEN (1978), der neben vier verschiedenen Raumklassen Primär- und Sekundärluftwerte unterscheidet.

Für Keimzahlen auf Oberflächen sowie die Keimarten in Operationsbereichen gibt es bisher keinerlei Richtwerte. Zur Orientierung dienen lediglich die Ergebnisse von bakteriellen Umgebungsuntersuchungen durch ZEILLER (1966) und WÖRNER u. a. (1975) in der Tierchirurgie, sowie z. B. durch KANZ (1966), GUNDERMANN (1969), KRÖGER und PÖSCHEL-SIEDENBURG (1972), WERNER u. a. (1976) in Krankenhäusern.

3. Eigene Untersuchungen

3.1 Material und Methode

3.1.1 Örtliche Gegebenheiten

3.1.1.1 Raumanordnung mit Probenentnahmestellen

Die Hygieneuntersuchungen fanden im Operationstrakt der "Klinik für kleine Haustiere" der Freien Universität Berlin statt. Die Klinik ist neu erbaut und seit 1979 in Betrieb.

Wie aus dem Lageplan in Abbildung 1 zu ersehen ist, besteht der Operationstrakt aus dem aseptischen und dem sog. septischen Bereich.

Für die Untersuchungen wurde aus dem septischen Bereich der größere und häufiger frequentierte Operationsraum II, der ihm vorgeschaltete Vorbereitungsraum II und der ihm nachgeschaltete Aufwachraum II ausgewählt. Im Vorbereitungsraum werden die Tiere auf die Operation vorbereitet (narkotisiert, geschnitten etc.), nach der Operation werden sie in den Aufwachraum gebracht.

An folgenden Stellen wurden regelmäßig Oberflächenproben entnommen (siehe auch Abbildung 1):

im Vorbereitungsraum II von der häufig benutzten Oberfläche (1) sowie der schwer zugänglichen Unterseite (2) des Vorbereitungstisches; und zusätzlich im Sommer 1983 von der Oberfläche des Instrumentenschrankes (3);

- im Operationsraum II von der häufig benutzten oberen (4) und der schwer zugänglichen darunterliegenden (5) Tischplatte sowie der vertikalen Fuß-Fläche (6) des Operationstisches; zusätzlich im Sommer 1983 vom Katzenkastrationsbrett (7); außerdem vom Zuluftgitter (8) und von einem bodennahen Abluftschacht (9) der Lüftungsanlage;
- im Aufwachraum II von der Fliesenwand einer Anbindestelle (10) sowie einer schwer zugänglichen Stelle hinter der Heizung (11).

Ergänzend wurden in der Lüftungsanlage des septischen Operationstraktes Oberflächenstichproben von den Luftfiltern der ersten und zweiten Filterstufe sowie von den Wänden des Lüftungskanals entnommen.

Im Operationsraum II wurden außerdem Luftkeimmessungen über dem Operationstisch durchgeführt.

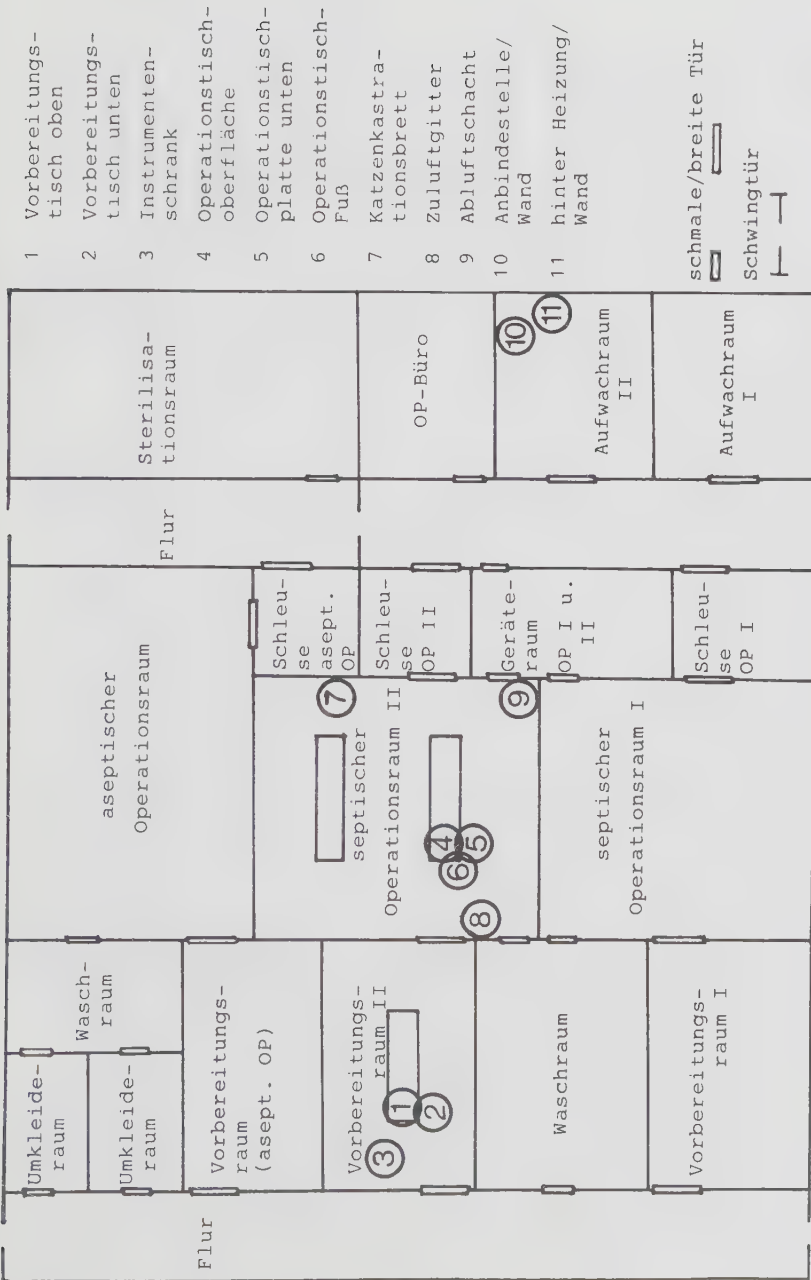


Abb.1: Lageplan des Operationstraktes (Kleintierklinik)

3.1.1.2 Aufbau der Lüftungsanlage

Die Lüftungszentrale für den Operationstrakt befindet sich auf dem Dach über dem Versorgungsbereich. Für den Operationsbereich wird über dem Dach der Lüftungszentrale, ca. 5 Meter über Erdbodenniveau, 100 % Außenluft angesaugt und aufbereitet, indem sie gefiltert, erwärmt bzw. gekühlt und durch separat angeordnete Dampfluftbefeuchter befeuchtet wird (siehe Abbildung 2).

Als Grob- und Feinstaubfilter werden die Typen HiFlo 45 und HiFlo 85 (Fa. Camfil GmbH, Reinfeld) verwendet. Ihre auswechselbaren Filtereinsätze bestehen aus mehreren parallelen Glasfaserfiltertaschen (siehe Abbildung 3). Der mittlere Abscheidegrad für synthetischen Staub ($< 5 \mu\text{m}$) beträgt 95 bzw. 98 %. Der Abscheidegrad für Partikel mit einem Durchmesser von $0,3 \mu\text{m}$ liegt zwischen 20 % und 30 % bzw. zwischen 50 % und 60 %. Vor dem Raumeintritt wird die Zuluft über Schwebstofffilter der Güteklasse R (Typ Micretain^R der Fa. Camfil GmbH, Reinfeld) mit einem Abscheidegrad von über 95 % für Rauchpartikel der Größe $0,3 \mu\text{m}$, welche am schwierigsten abzuscheiden sind, geleitet.

Die aufbereitete Luft wird über einen Zuluftschirm, der deckennah über die gesamte Breite des Raumes angebracht ist, in den Operationsraum eingeblasen. An der gegenüberliegenden Wand wird die Raumluft über je zwei decken- und bodennahe Schächte abgesaugt. Der septische Operationsraum II wird mit einer Luftwechselrate von 20 / Stunde und mit 10 % Unterdruck, die Vorräume mit Gleichdruck belüftet.

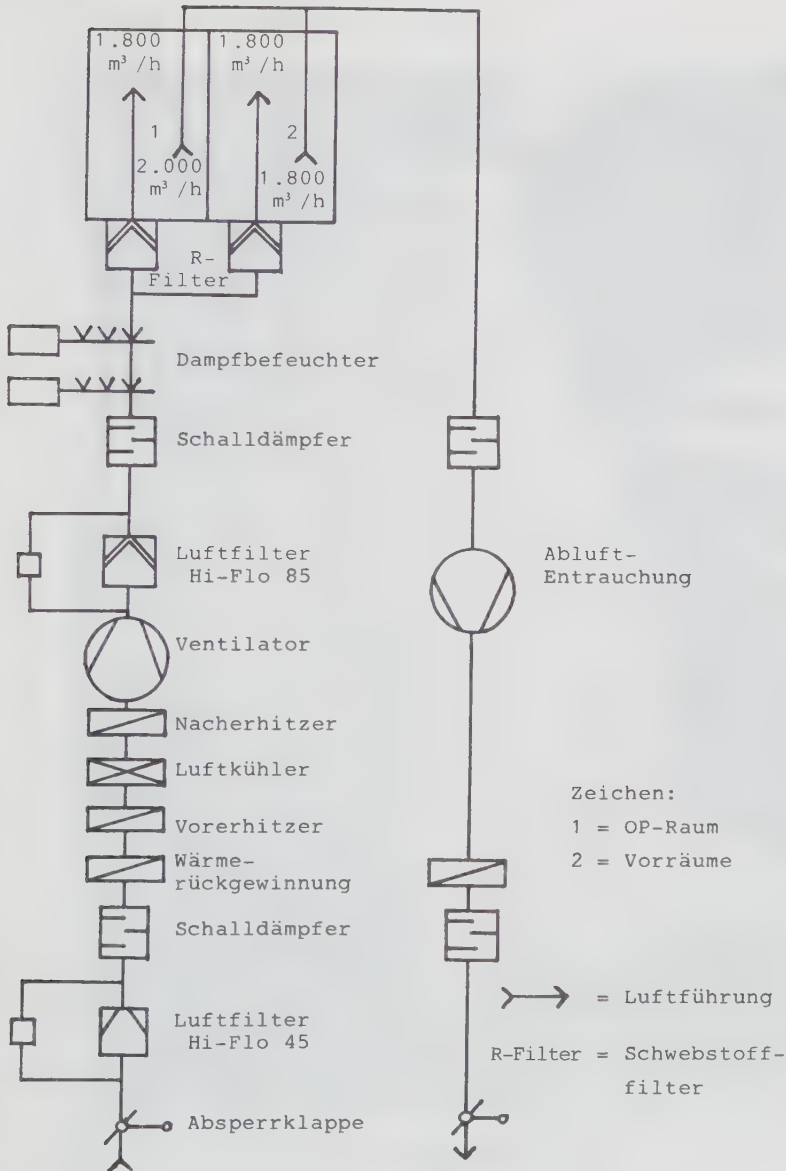


Abb. 2: Schema der Lüftungsanlage des Operationsraumes II und der Vorräume



← Luftströmungsrichtung ←

Abb. 3: Luftfilter (Typ HiFlo 45)

3.1.2 Untersuchungsabschnitte

Die Proben wurden jeden Montag und Freitag jeweils morgens zwischen 6 und 8 Uhr und abends zwischen 16 und 18 Uhr entnommen. Die Probenentnahmen fanden in der betriebsfreien Zeit nach Reinigung der Räume bzw. nach nächtlicher direkter UV-Bestrahlung (UV-Lampe "Original Hanau" Sterisol / 30 W) im Operationsraum statt.

Die Untersuchungen waren in drei Abschnitte gegliedert. Der erste Abschnitt im Sommer 1982 enthielt einen Vorversuch und regelmäßige Oberflächenuntersuchungen in der Zeit vom 25.06.-26.07.1982.

Der zweite Untersuchungsabschnitt fand im Winter 1982/1983 in der Zeit vom 11.02.-21.03.1983 statt. Er umfaßte zusätzlich zu den Oberflächenproben Luftkeimmessungen im Operationsraum an sechs Tagen sowie Stichproben der Luftfilter und Wände im Lüftungskanal.

Der dritte Abschnitt erfolgte im Sommer 1983 in der Zeit vom 20.06.- 22.07.1983 mit regelmäßigen Oberflächen- und Luftuntersuchungen. Anschließend daran wurden direkt nach einer Gesamtdesinfektion der Räume und der Klimaanlage Kontrolluntersuchungen durchgeführt. Für die Gesamtdesinfektion verwendete die beauftragte Firma aldehydhaltige Sprüh- und Flächen-desinfektionsmittel (Lysoformin^R Spray 5%-ig bzw. Lysoformin^R 2000 5%-ig).

3.1.3 Untersuchungsmethoden

3.1.3.1 Keimzahlbestimmung auf Oberflächen

Zur Oberflächenuntersuchung wurde das direkte Agar-kontaktverfahren mittels Petrischalen, sog. Rodac-Platten (Fa. Nunc Intermed/Roskilde; Dänemark), mit konvex gegossener Nährbodenschicht verwendet. Die mit je 14 ml Nähragar gefüllten Rodac-Platten wurden mit gleichmäßigem Druck jeweils sechs Sekunden lang auf die zu untersuchende Oberfläche gedrückt. Durch ein im Plattenboden eingestanztes Gitternetz wird eine Fläche von 16 cm² definiert.

3.1.3.2 Luftkeimmessungen

Der Bakteriengehalt der Luft im Operationsraum II wurde mit einem Luftkeimsammelgerät, dem 6-stufigen Lochsampler nach ANDERSEN (1958), untersucht (siehe Abbildung 4).

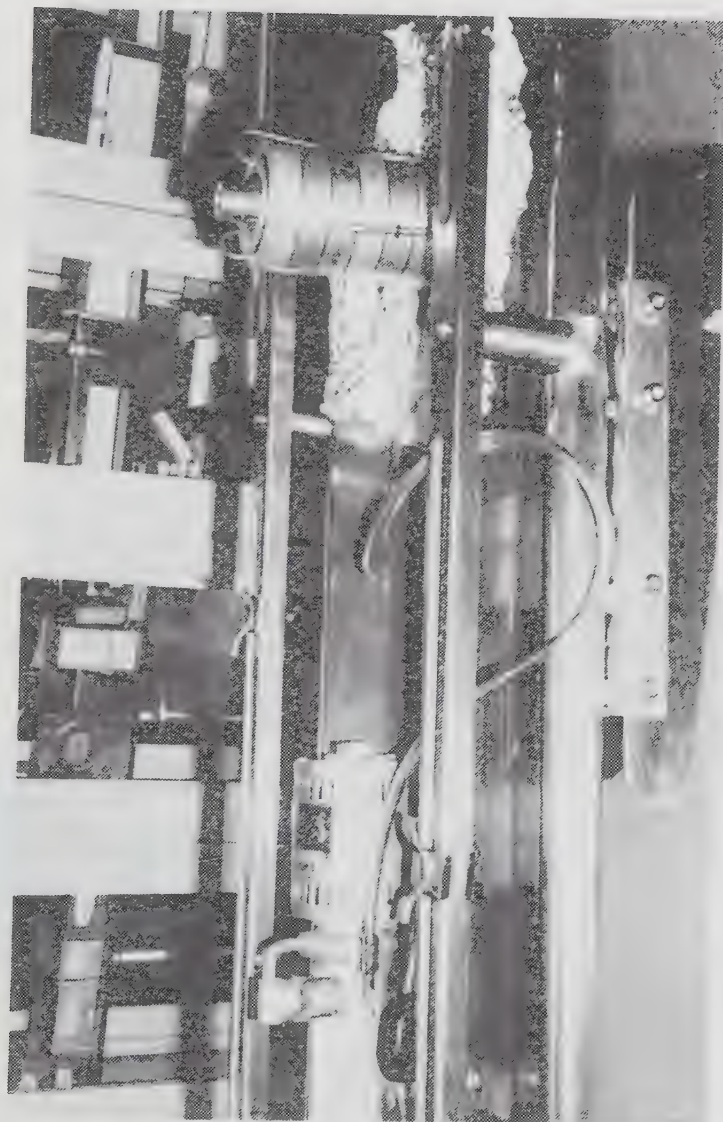


Abb. 4: Andersen-Sampler mit Luftansaugpumpe auf dem Operationstisch

Der 6-stufige Andersen-Sampler hat eine Ansaugleistung von 28,3 Litern Luft pro Minute. Er funktioniert nach der Aufprallmethode. Das Gerät besteht aus sechs übereinanderliegenden gelochten Aluminiumplatten, unter welche je eine Petrischale eingesetzt wird. Die Luft wird von oben durch die Düsen der Aluminiumplatten gesaugt. Jede Stufe enthält 400 identische Düsen, deren Durchmesser von der obersten Stufe 1 bis zur untersten Stufe 6 systematisch abnimmt (siehe Abbildung 5). Dadurch steigt die Luftgeschwindigkeit von Stufe 1 bis Stufe 6 und es werden immer kleinere Partikel auf die Agarplatten abgeschieden (siehe Tabelle 1).



Abb. 5: Die sechs Stufen des Andersen-Samplers;
Stufe 1 - 6

Stufe	Düsendurchmesser (mm)	Partikelgröße (µm)
1	1,81	≥ 7,0
2	0,91	4,7 - 7,0
3	0,71	3,3 - 4,7
4	0,53	2,1 - 3,3
5	0,34	1,1 - 2,1
6	0,25	0,65 - 1,1

Tab. 1: Größe der abgeschiedenen Partikel in Abhängigkeit vom Düsendurchmesser der sechs Stufen des Andersen-Samplers

Insgesamt wurden 32 Luftkeimmessungen durchgeführt. Jede Luftkeimmessung umfaßte drei Durchgänge à 10 Minuten und fand im leeren Operationsraum II bei geschlossenen Türen statt, parallel zu den Oberflächenuntersuchungen. Die Luft wurde über dem Operationstisch in ca. 1,20 Meter Höhe angesaugt. Vor jeder Messung wurde der Andersen-Sampler gereinigt und bei 200 °C zwei Stunden sterilisiert.

3.1.3.3 Mikrobiologische Auswertung

3.1.3.3.1 Verwendete Nährböden

Für alle Oberflächen- und Luftkeimproben wurde Tryptose-Soja-Agar (Code CM 131, Fa. Oxoid; Wesel) benutzt. Zusätzlich wurde für die Untersuchung der Operationstischoberfläche und der Anbindestelle im Aufwachraum Blutagar (Nr. 11037, Becton Dickinson and Co; Cockeysville, USA) sowie Drigalski-Agar (Code CM 1001, Fa. Oxoid; Wesel) zum direkten Abdruck verwendet. Die genannten Nährböden dienten auch zur Subkultivierung der isolierten Luft- und Oberflächenkeime.

3.1.3.3.2 Auswertung der Kulturen

Nach 22stündiger Bebrütung der entnommenen Proben bei 37 °C erfolgte die Auswertung. Zunächst wurden alle sichtbaren Kolonien unter Lupenvergrößerung ausgezählt, wobei von den Petrischalen des Luftkeimsammlers die gesamte Agaroberfläche und auf den Rodac-Platten die gekennzeichneten 16 cm² ausgewertet wurden. Die Angabe erfolgte als Koloniebildende Einheiten (KBE) / 16 cm². Da pro Luftkeimmessung ein Luftvolumen von 849 Litern zur Untersuchung kam, wurden die ausgezählten Kolonien umgerechnet auf KBE / m³ Luft.

Zur Differenzierung wurden herangezogen:

- die äußeren Koloniemerkmale
- die Gram-Färbung
- der Katalasetest mittels 3 %-igen Wasserstoffperoxids
- der Objektträgertest mit Bacto-Koagulase-Plasma (Fa. Bisco-Laboratories; Detroit/Michigan)

- der Oxydasetest mittels Oxydasereagenz "Roche" (Fa. Hoffmann-La Roche; Basel/Schweiz).

Zur Identifizierung gramnegativer Bakterien kamen im zweiten und dritten Untersuchungsabschnitt zusätzlich folgende Systeme zur Anwendung:

- die gebrauchsfertige Bunte Reihe "Oxi/Ferm Tube Roche" (Fa. Hoffmann-La Roche; Basel/Schweiz)
- die erweiterte gebrauchsfertige Bunte Reihe "Enterotube II Roche" (Fa. Hoffmann-La Roche; Basel/Schweiz).

Die zweite Auswertung der Kulturen erfolgte nach weiterer Bebrütung für vier Tage bei Zimmertemperatur. Sie diente insbesondere der Erfassung von Pilzen. Zur Differenzierung der Pilze wurden die äußeren Morphologiemerkmale sowie Tesafilmabrispräparate mit Lactophenolbaumwollblau (Fa. Merck; Darmstadt) herangezogen.

3.1.3.4 Untersuchung von Klimafaktoren

3.1.3.4.1 Messung von Raumklimawerten

Für raumklimatische Messungen während der Probenentnahmen standen folgende Geräte zur Verfügung:

- ein Thermoanemometer (Fa. Thies-Clima, Göttingen) diente regelmäßig zur Erfassung der Raumtemperatur in allen drei untersuchten Räumen sowie zur Messung der Luftgeschwindigkeit am Zuluftgitter und im Abluftschacht des Operationsraumes II;
- ein Meteorograph (Fa. Wilhelm Lambrecht GmbH; Göttingen) wurde für drei Wochen im Operationsraum II zur Aufzeichnung der Raumtemperatur, der relativen Luftfeuchtigkeit und des Luftdrucks aufgestellt;
- ein Aspirationspsychrometer (Fa. Ultrakust-Gerätebau GmbH & Co. KG; Ruhmannsfelden) wurde im dritten Untersuchungsabschnitt zur Messung der relativen Luftfeuchtigkeit in allen drei untersuchten Räumen verwendet.

3.1.3.4.2 Erfassung von Außenklimawerten

Die Daten für Temperatur und relative Luftfeuchte der Außenluft sind den Tagebüchern des Meteorologischen Instituts der Freien Universität Berlin entnommen.

3.1.4 Biometrische Auswertung der Ergebnisse

Als Lokalisationsmaß zur Angabe der zentralen Tendenz der Oberflächenkeimzahlen wurde das geometrische Mittel verwendet. Es wird über den 10er Logarithmus errechnet nach der Formel:

$$\log (\bar{x}_g) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log x_i$$

Zum Logarithmieren wurde 0 durch 1 KBE/16 cm² ersetzt.

Der Vergleich zweier verbundener Stichproben wie der Keimzahlen morgens und abends wurde nach dem "Vorzeichentest von DIXON und MOOD" (1946; zitiert nach SACHS, 1974) durchgeführt.

Für den Vergleich zweier unabhängiger Stichproben wie der Keimzahlen mit und ohne vorhergehender nächtlicher UV-Bestrahlung sowie der Keimzahlen montags und freitags wurde der "U-Test von WILCOXON, MANN und WHITNEY" (1947; zitiert nach SACHS, 1974) angewandt.

Mehrere unabhängige Stichproben wie die Keimzahlen der drei Untersuchungsabschnitte wurden mittels "H-Test von KRUSKAL und WALLIS" (1952; zitiert nach SACHS, 1974) auf Unterschiede geprüft.

Allen statistischen Tests wurde eine zweiseitige Fragestellung und eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha \leq 5 \%$ zugrundegelegt.

Wand hinter Heizung (Aufwachraum)



Abb. 6a: Geringes Keimwachstum

Operationstischoberfläche



Abb. 6b: Mittleres Keimwachstum

Abb. 6 : Vier Beispiele für verschieden starkes Keimwachstum auf den Rodac-Platten

Vorbereitungstischoberfläche

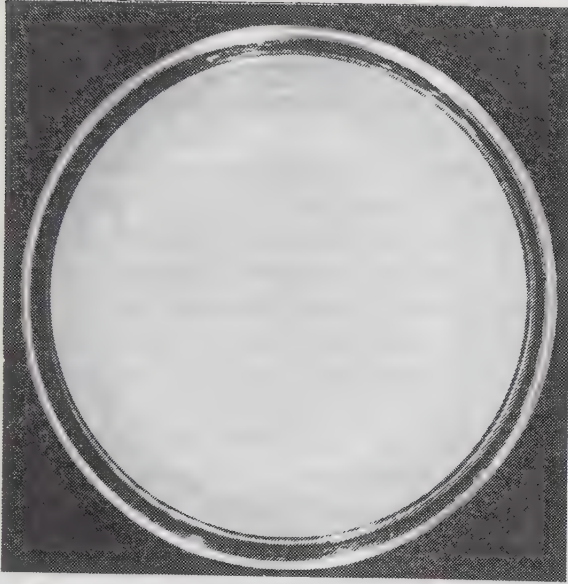


Abb. 6d: Sehr starkes Keimwachstum

Operationstischoberfläche

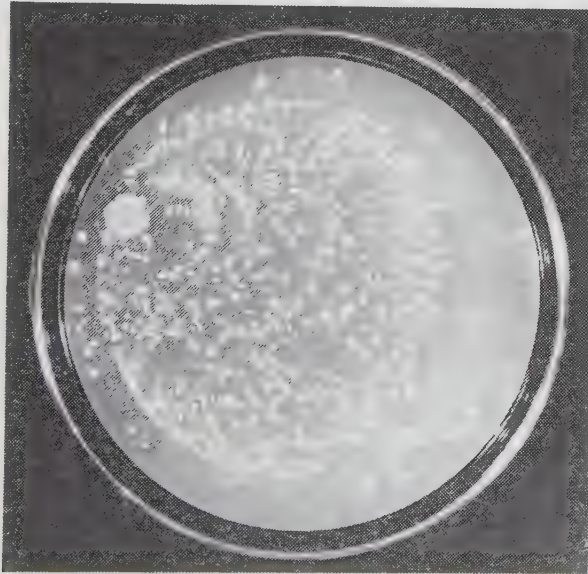


Abb. 6c: Starkes Keimwachstum

3.2 Untersuchungsergebnisse

3.2.1 Ergebnisse der Oberflächenuntersuchungen

Im Laufe der drei Untersuchungsabschnitte im Sommer 1982, im Winter 1982/83 und im Sommer 1983 wurden von Oberflächen im Operationstrakt und der Lüftungsanlage insgesamt 1.086 Abklatschproben entnommen und 117.417 Kolonien ausgezählt.

3.2.1.1 Keimzahlen der regelmäßig untersuchten Stellen

Die Keimzahlen, die während der drei Untersuchungsabschnitte von den Oberflächen im Operationstrakt ermittelt wurden, erstrecken sich über vier Zehnerpotenzen von 0 - 3.500 KBE/16 cm². Abbildung 6 zeigt vier Beispiele für das unterschiedlich starke Keimwachstum. Die einzelnen Keimzahlen, die während der drei Untersuchungsabschnitte auf den neun bzw. im Sommer 1983 elf regelmäßig untersuchten Stellen im Operationstrakt mittels Tryptose-Soja-Agar gefunden wurden, sind in Tabelle 2 und 2a aufgeführt. Daraus ist ersichtlich, daß häufig benutzte Stellen wie die Tischoberflächen im Vorbereitungs- und Operationsraum eine große Schwankungsbreite der Keimzahlen aufweisen (Vergleiche hierzu auch die Abbildungen 7 und 8). Die Keimzahlen von der Vorbereitungs-tischoberfläche schwanken zwischen 0 und 3.500, die von der Operationstischoberfläche zwischen 0 und 1.850 KBE/16cm².

Im Abluftschacht dagegen wurden relativ konstant hohe Werte ermittelt, die zu 73,5 % zwischen 10 und 100 KBE/16 cm² liegen.

Auffällig sind die sehr niedrigen Keimzahlen an

Vorbereitungsraum			Operationsraum		
Tisch oben II		Instrumenten- schrankoberfläche	Katzen- kastrationsbrett		
m	a		m	a	
9	790	8	37	1	450
1	447	9	16	0	7
29	970	5	33	0	3.500
2.100	2.000	511	2.100	16	8
2.800	328	548	16	850	8
730	26	67	96	4	7
6	41	4	21	1	3
42	34	7	11	3	9
7	2.000	4	498	0	3
36	2.800	14	1.050	2	4

Sommer 1983 :

x Mo 20.06.83
 x Fr 24.06.83
 x Mo 27.06.83
 Fr 01.07.83
 Mo 04.07.83
 Fr 08.07.83
 Mo 11.07.83
 Fr 15.07.83
 Mo 18.07.83
 Fr 22.07.83

Tab. 2 a: Oberflächenkeimzahlen der zusätzlich entnommenen Proben im letzten Untersuchungsabschnitt [KBE/16 cm²]

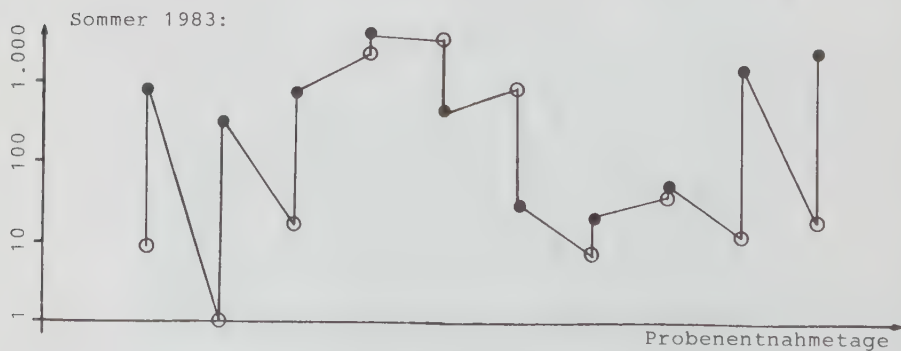
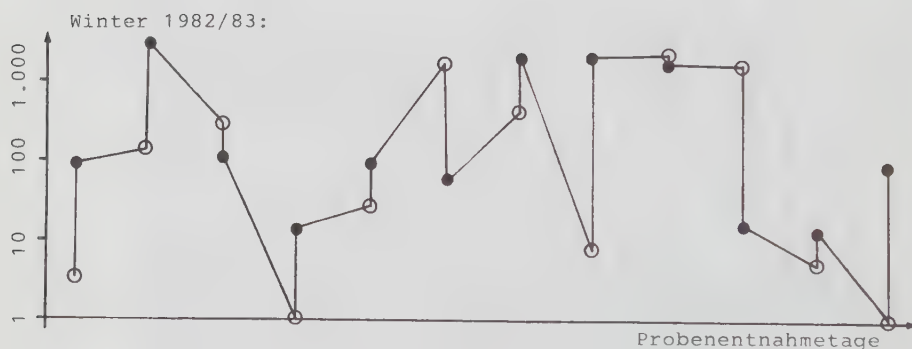
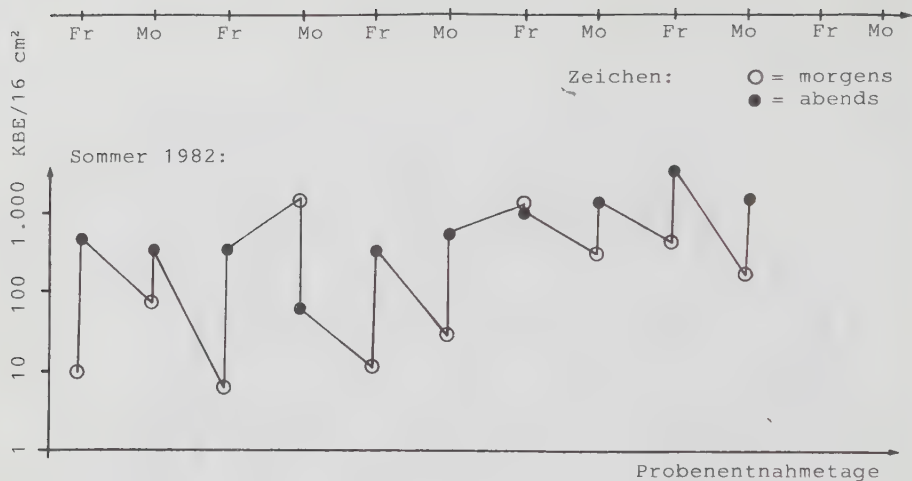


Abb. 7: Keimzahlen von der Vorbereitungstischoberfläche

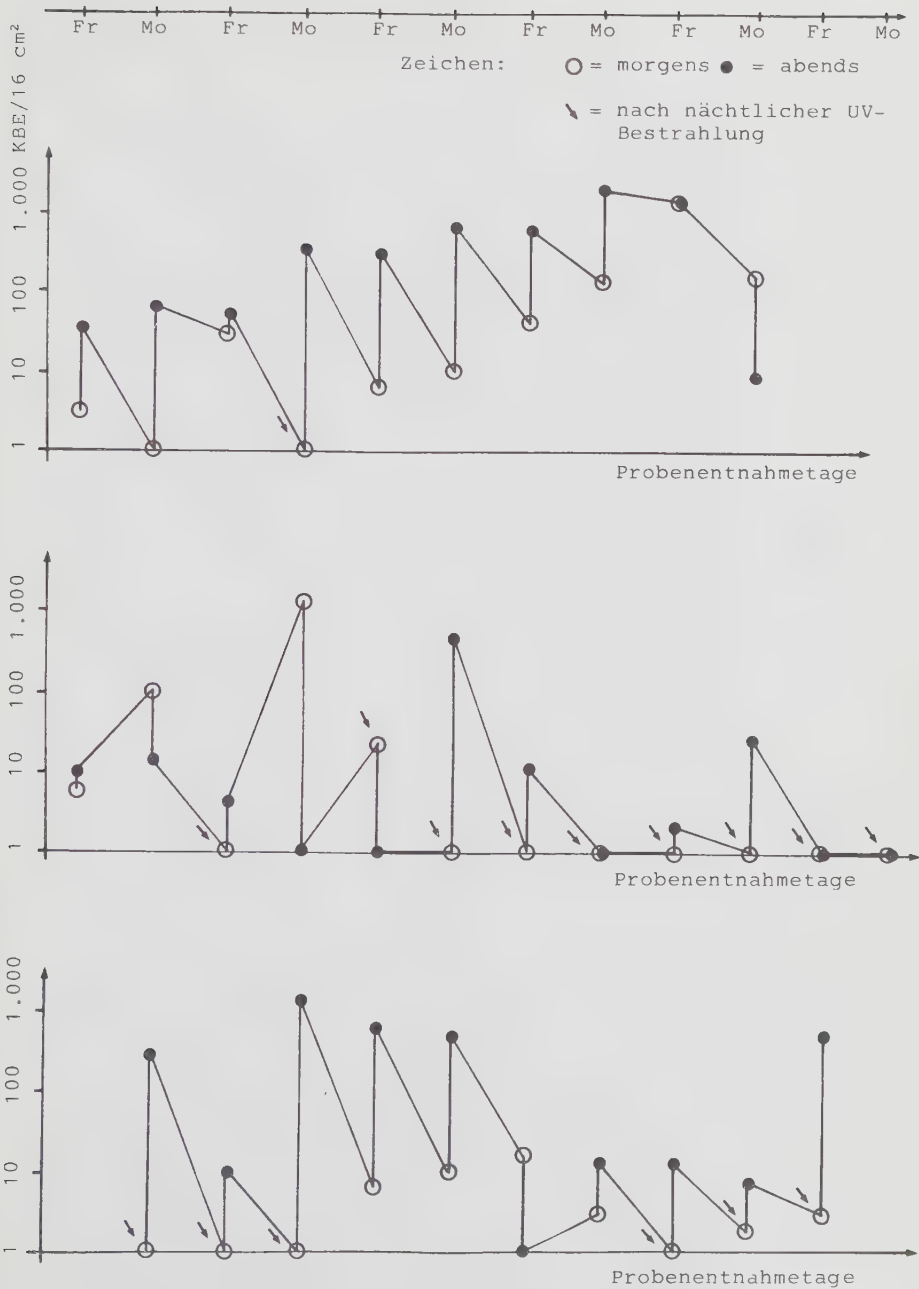


Abb. 8: Keimzahlen von der Operationstischoberfläche

wenig benutzten Stellen, insbesondere an der Tischunterfläche im Vorbereitungsraum und am Tisch-Fuß im Operationsraum, wo auf 64,8 % der Proben kein Keimwachstum nachgewiesen wurde.

Ein besserer Vergleich der Keimzahlen untereinander wird durch ihre geometrischen Mittelwerte ermöglicht. In Tabelle 3 ist für die elf regelmäßig untersuchten Stellen jeweils das geometrische Mittel sowie die Standardabweichung bezogen auf den Einzelwert und bezogen auf den Mittelwert aufgeführt. Obwohl eine teilweise recht hohe Streuung vorliegt, lassen die geometrischen Mittelwerte deutlich eine zentrale Tendenz erkennen. So wurden mit durchschnittlich 131,2 KBE/16 cm² auf der Vorbereitungstischoberfläche bei weitem die höchsten Keimzahlen gefunden. Auf der Instrumentenschrankoberfläche im Vorbereitungsraum lagen sie mit durchschnittlich 39,4 KBE/16 cm² im letzten Untersuchungsabschnitt wesentlich niedriger. Auch der Abluftschacht mit durchschnittlich 39,5 sowie die obere und untere Tischplatte im Operationsraum mit 14,0 bzw. 12,5 KBE/16 cm² wiesen im Vergleich dazu weit geringere Keimzahlen auf. Noch weniger Keime wurden im letzten Untersuchungsabschnitt mit durchschnittlich 7,7 KBE/16 cm² vom Katzenkastrationsbrett isoliert. Ebenfalls relativ geringe mittlere Keimzahlen wurden mit 7,4 und 5,2 KBE/16 cm² im Aufwachraum an der Anbindestelle bzw. hinter der Heizung gefunden. Die geringsten Keimzahlen zeigten sich auf der Vorbereitungstischunterseite mit durchschnittlich 1,4 KBE/16 cm² sowie am Operationstisch-Fuß mit 2,1 KBE/16 cm² und am Zuluftgitter mit 3,8 KBE/16 cm².

Aus Tabelle 3 geht die Untergliederung der mittleren Keimzahlen in die drei Untersuchungsabschnitte

Probenentnahmestelle	U.A.	n	$\log \bar{x}_g$	$s \lg x_1$	$s \overline{\lg x}$	$\bar{x}_g$
Vorbereitungstisch oben	gesamt	64	2,12	1,01	0,13	131,2
	So 82	20	2,35	0,79	0,18	225,0
	Wi82/83	24	1,93	1,10	0,22	84,3
	So 83	20	2,11	1,08	0,24	130,0
Vorbereitungstisch unten	gesamt	64	0,15	0,46	0,06	1,4
	So 82	20	0,04	0,17	0,04	1,1
	Wi82/83	24	0,32	0,69	0,14	2,1
	So 83	20	0,05	0,17	0,04	1,1
Operationstisch oben	gesamt	64	1,15	1,09	0,14	14,0
	So 82	20	1,80	1,03	0,23	63,0
	Wi82/83	24	0,64	0,91	0,19	4,3
	So 83	20	1,11	1,06	0,24	12,8
Operationstisch unten	gesamt	64	1,10	0,89	0,11	12,5
	So 82	20	1,67	1,08	0,24	46,3
	Wi82/83	24	0,79	0,65	0,13	6,1
	So 83	20	0,90	0,68	0,15	7,9
Operationstisch-Fuß	gesamt	64	0,33	0,77	0,10	2,1
	So 82	20	0,47	0,76	0,17	3,0
	Wi82/83	24	0,19	0,66	0,14	1,6
	So 83	20	0,35	0,91	0,20	2,2
Zuluftgitter	gesamt	64	0,58	0,72	0,09	3,8
	So 82	20	1,29	0,70	0,16	19,7
	Wi82/83	24	0,09	0,27	0,06	1,2
	So 83	20	0,45	0,50	0,11	2,8
Abluftschacht	gesamt	64	1,60	0,55	0,07	39,5
	So 82	20	1,78	0,66	0,15	59,9
	Wi82/83	24	1,47	0,52	0,11	29,6
	So 83	20	1,57	0,42	0,09	36,9
Anbindestelle	gesamt	64	0,87	0,78	0,10	7,4
	So 82	20	1,37	0,67	0,15	23,4
	Wi82/83	24	0,46	0,64	0,13	2,9
	So 83	20	0,86	0,76	0,17	7,3
hinter Heizung	gesamt	64	0,72	0,64	0,08	5,2
	So 82	20	1,37	0,51	0,11	23,4
	Wi82/83	24	0,36	0,54	0,11	2,3
	So 83	20	0,49	0,30	0,07	3,1
Instrumentenschrankoberfl.	So 83	20	1,60	0,86	0,19	39,4
Katzenkastrationsbrett	So 83	20	0,89	1,01	0,23	7,7

U. A. = Untersuchungsabschnitt; n = Anzahl der Proben
 $s \lg x_1$ = Standardabweichung bezogen auf den Einzelwert
 $s \overline{\lg x}$ = Standardabweichung bezogen auf den Mittelwert

Tab. 3: Mittlere Oberflächenkeimzahlen im Operationstrakt
 (Geometrische Mittelwerte = $\bar{x}_g$) [KBE/16 cm²]

hervor. Dabei zeigen sich im ersten Untersuchungsabschnitt im Sommer 1982 fast ausschließlich die höchsten, im letzten Abschnitt im Sommer 1983 deutlich geringere und im zweiten Abschnitt im Winter 1982/83 die geringsten mittleren Keimzahlen. Diese Tendenz zeigt sich z. B. auf der Operationstischoberfläche besonders deutlich mit durchschnittlich 63,0 KBE/16 cm² im Sommer 1982, mit 12,8 KBE/16 cm² im Sommer 1983 und 4,3 KBE/16 cm² im Winter 1982/1983. Bei der biometrischen Überprüfung der Einzelwerte mittels H-Test ergaben sich zwischen den drei Untersuchungsabschnitten signifikante Unterschiede für folgende Stellen: Im Operationsraum für die obere und untere Operationstischplatte sowie für das Zuluftgitter und im Aufwachraum für die Wand an der Anbindestelle und hinter der Heizung. Diese Unterschiede werden in Abbildung 9 anhand der Keimzahlen von der Operationstischoberfläche und vom Zuluftgitter veranschaulicht. Keine statistisch gesicherten Unterschiede konnten für die übrigen untersuchten Stellen wie die Vorbereitungstischoberfläche und -unterseite sowie für den Operationstisch-Fuß und den Abluftschacht festgestellt werden.

Der Vergleich des Keimzahlenniveaus zwischen Montag und Freitag ergab keine signifikanten Unterschiede. Eine Ausnahme bildet lediglich der Abluftschacht, wo freitags signifikant höhere Keimzahlen als montags gefunden wurden (U-Test).

Zwischen den Keimzahlen vom Morgen und vom Abend ergaben sich für einige Stellen deutliche Unterschiede. Wie aus den Abbildungen 7 und 8 ersichtlich ist, liegen auf den Tischoberflächen im Vor-

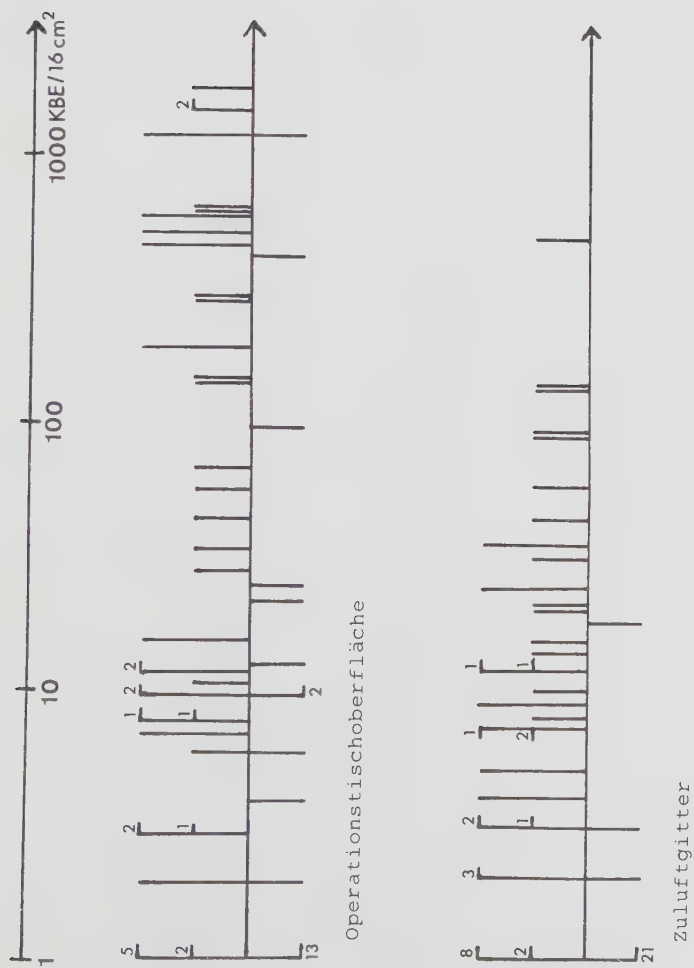


Abb. 9: Vergleich der Oberflächenkeimzahlen während der drei Untersuchungsabschnitte

bereitungs- und Operationsraum die Keimzahlen abends häufig wesentlich höher als morgens. Am deutlichsten zeigt sich diese Tendenz auf der Operationstischoberfläche bei den Sommersversuchen (vergleiche Abbildung 8). So erbrachte der Vorzeichentest für die Operations- und Vorbereitungstischoberfläche sowie für die Instrumentenschrankoberfläche abends signifikant höhere Keimzahlen als morgens. Für die übrigen untersuchten Stellen konnte kein statistisch gesicherter Unterschied festgestellt werden.

Aus Abbildung 8 ist zusätzlich der Einfluß nächtlicher direkter UV-Bestrahlung auf die Keimzahlen der Operationstischoberfläche erkennbar. Die Morgenwerte nach UV-Bestrahlung sind deutlich niedriger als die Keimzahlen ohne vorhergehende UV-Einwirkung. Dieser Unterschied wird durch den U-Test bestätigt (vergleiche hierzu auch Abbildung 10). Ebenfalls signifikante Unterschiede zwischen den Keimzahlen mit und ohne vorhergehende UV-Bestrahlung zeigten sich nach dem U-Test für die untere Operationstischplatte und für das Zuluftgitter. Für die drei untersuchten Stellen im Vorbereitungsraum sowie für den Operationstisch-Fuß, das Katzenkastrationsbrett und den Abluftschacht im Operationsraum konnte kein statistisch gesicherter Unterschied festgestellt werden.

Um die Genauigkeit der Oberflächenuntersuchungen zu überprüfen, wurde im letzten Untersuchungsabschnitt auf der Vorbereitungstischoberfläche eine Doppelbestimmung durchgeführt. In Abbildung 11 sind die logarithmierten Einzelwerte der Proben vom Morgen und vom Abend graphisch dargestellt. Dabei zeigen die gleichzeitig entnommenen Proben wenig differierende Keimzahlen mit einer Standard-

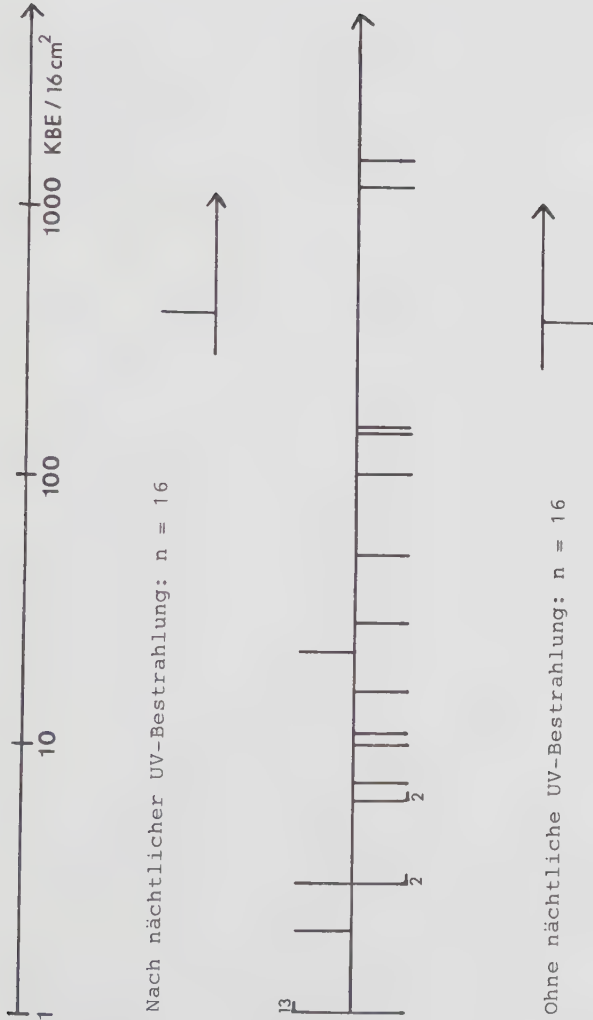


Abb. 10: Vergleich der Oberflächenkeimzahlen mit und ohne nächtliche UV-Bestrahlung auf der Operationstischoberfläche

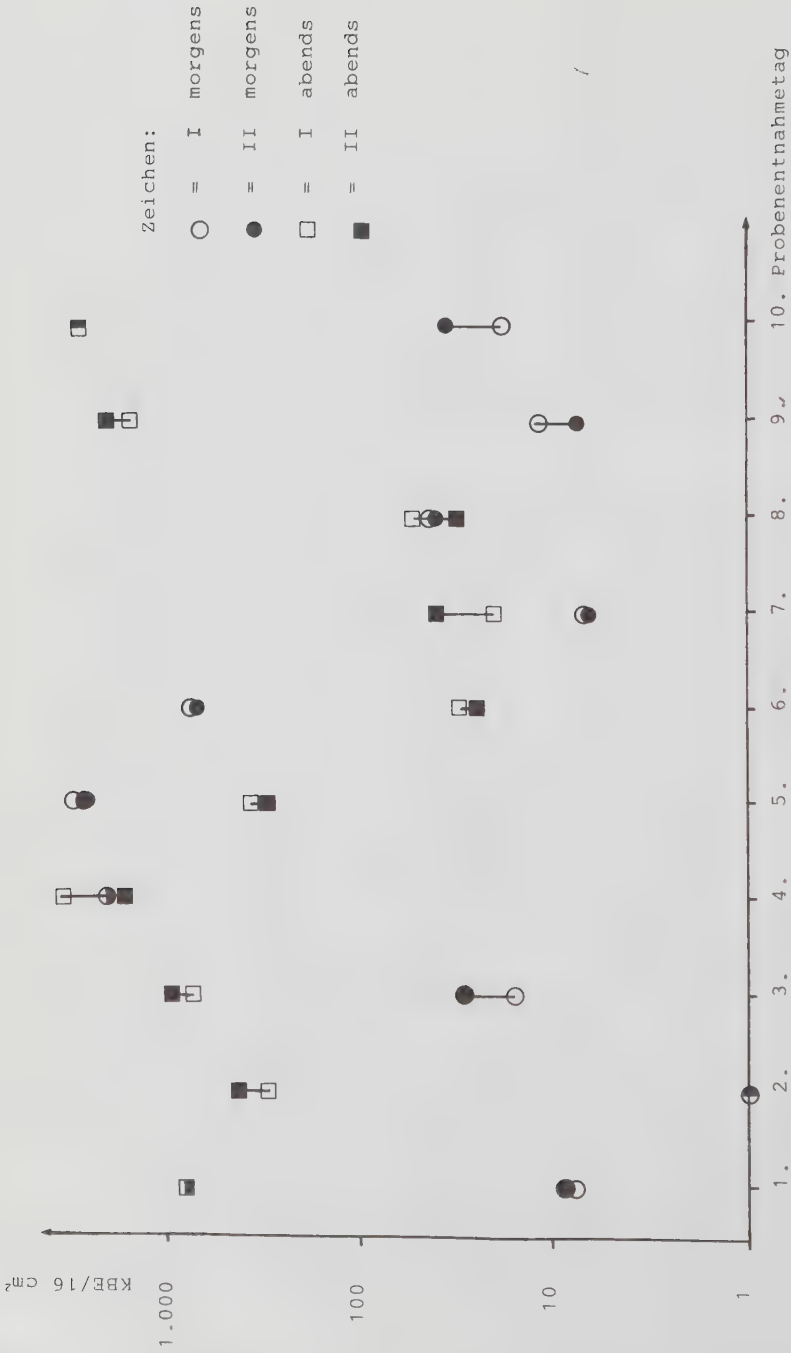


Abb. 11: Doppelbestimmung der Keimzahlen auf der Vorbereitungsfläche I und II im Sommer 1983 - Standardabweichung $s = 0,11$ Zehnerpotenzen

abweichung von $s = 0,11$ Zehnerpotenzen.

3.2.1.2 Keimspektrum der regelmäßig untersuchten Stellen

Die Differenzierung aller 78.274 Kolonien, die bei den regelmäßigen Oberflächenuntersuchungen mittels Tryptose-Soja-Agar im Operationstrakt isoliert wurden, ergab vorwiegend aerobe Sporenbildner mit 34,8 %, gramnegative Kurzstäbchen mit 33,6 % und Mikrokokken mit 29,8 % koagulasenegativen sowie 0,6 % koagulasepositiven. Aus Tabelle 4 ist der Anteil der verschiedenen Keimarten an der Gesamtkoloniezahl ersichtlich. Dabei bildeten Streptokokken mit 0,9 %, E.coli mit 0,2 % und grampositive Kurzstäbchen mit 0,1 % einen sehr geringen Anteil.

Mikrokokken und aerobe Sporenbildner wurden regelmäßig gefunden, dagegen traten gramnegative Kurzstäbchen relativ selten, dann aber meist in sehr hoher Anzahl auf. Für die neun regelmäßig untersuchten Stellen gibt Tabelle 5 einen Überblick über die prozentuale Verteilung der ermittelten Keimarten. Daraus ist ersichtlich, daß Mikrokokken an allen Stellen gefunden wurden. Einen besonders hohen Anteil stellen sie am Zuluftgitter sowie auch im Abluftschacht und auf der unteren Operationstischplatte dar, wo sie regelmäßig vorkamen. Ebenfalls sehr häufig wurden Mikrokokken auf der Operationstischoberfläche gefunden, jedoch in relativ geringer Anzahl. Dabei handelte es sich fast ausschließlich um koagulasenegative Mikrokokken. Koagulasepositive Mikrokokken wurden insgesamt lediglich aus 7,3 % aller entnommenen Proben isoliert. Sie traten überwiegend an häufig kontaktierten Stellen sowie an den Flächen der Lüftungsanlage auf.

Probenentnahmestelle:	U. A.	n	Mikrokokken koag. neg.	Mikrokokken koag. pos.	Streptokokken	aerobe Sporenbildner	grampos. Kurzstäbchen	gramneg. Kurzstäbchen	E. coli	Gesamt-KBE
Vorbereitungs- tisch oben	So 82	20	23,4	1,1	0,8	44,0	-	30,7	-	12.763
	W1 82/83	24	45,8	0,03	0,1	17,5	-	36,6	-	14.448
	So 83	20	21,0	0,6	2,1	24,9	-	51,4	-	15.953
Vorbereitungs- tisch unten	So 82	20	30,8	-	-	69,2	-	-	-	13
	W1 82/83	24	7,8	-	-	3,0	-	-	-	306
	So 83	20	44,4	-	-	55,6	-	89,2	-	9
Operations- tisch oben	So 82	20	13,2	0,2	0,2	55,4	-	31,0	-	7.303
	W1 82/83	24	4,2	-	-	94,8	1,0	-	-	1.865
	So 83	20	2,0	0,3	-	32,0	0,1	65,6	-	3.231
Operationstisch unten	So 82	20	44,1	0,6	1,4	38,6	-	15,3	-	7.070
	W1 82/83	24	68,9	1,2	3,8	25,0	1,1	-	-	344
	So 83	20	15,2	0,5	0,7	69,2	-	14,4	-	571
Operations- tisch-Fuß	So 82	20	14,0	-	-	86,0	-	-	-	593
	W1 82/83	24	2,9	0,1	-	6,4	-	90,6	-	1.219
	So 83	20	0,4	-	-	9,9	-	89,7	-	2.220
Zuluftgitter	So 82	20	89,1	1,3	-	9,6	-	-	-	1.194
	W1 82/83	24	79,2	-	-	20,8	-	-	-	111
	So 83	20	73,9	8,1	-	18,0	-	-	-	24
Abluftschacht	So 82	20	58,6	0,8	-	40,6	-	-	-	3.316
	W1 82/83	24	73,8	5,3	0,9	18,7	1,3	-	-	1.135
	So 83	20	67,3	4,1	-	27,6	1,0	-	-	978
Anbindestelle	So 82	20	6,1	0,5	0,4	93,0	-	-	-	1.353
	W1 82/83	24	86,2	1,6	11,3	11,3	-	-	-	442
	So 83	20	54,1	2,6	17,6	10,7	-	-	15,0	832
hinter Heizung	So 82	20	1,3	-	-	98,7	-	-	-	766
	W1 82/83	24	87,3	-	-	12,7	-	-	-	142
	So 83	20	35,6	-	-	64,4	-	-	-	73

Tab. 5: Keimspektrum der regelmäßig untersuchten Oberflächen im Operations-Trakt während der drei Untersuchungsabschnitte
[% der Gesamt-KBE]

U. A. = Untersuchungsabschnitt; n = Anzahl der Proben

Auch aerobe Sporenbildner wurden regelmäßig und an allen Stellen gefunden. Einen besonders hohen Anteil stellen sie an schwer zugänglichen bzw. wenig benutzten Stellen wie hinter der Heizung im Aufwachraum, am Operationstisch-Fuß und auf der Unterseite des Vorbereitungstisches dar. Allerdings muß berücksichtigt werden, daß an diesen Stellen die zugrundeliegenden Gesamtkeimzahlen im Vergleich zu den übrigen Stellen sehr gering sind und damit eine höhere Fehlerwahrscheinlichkeit ergeben.

Gramnegative Kurzstäbchen wurden im Gegensatz zu Mikrokokken und aeroben Sporenbildnern relativ selten, in 5,7 % aller entnommenen Proben, gefunden. Sie traten überwiegend an häufig frequentierten Stellen wie den Tischoberflächen auf. Von wenig benutzten Stellen wurden sie nur ausnahmsweise isoliert, so z. B. vom Operationstisch-Fuß nur an einem Tag. Da die gramnegativen Kurzstäbchen meist in sehr hoher Anzahl vorkamen, stellen sie dennoch 33,6 % aller gefundenen Kolonien dar.

Die übrigen Keimarten wie Streptokokken, E.coli und grampositive Kurzstäbchen wurden selten und in geringer Anzahl nachgewiesen. Lediglich einmal, als sich ein junger Schäferhund nach einer Fremdkörperoperation an der Anbindestelle im Aufwachraum aufgehalten hatte, wurden von dieser Stelle E.coli und Streptokokken in höherer Anzahl isoliert.

Die Probenentnahmen mit Blut- und Drigalskiagar, die zusätzlich zur Untersuchung der Operationstischoberfläche und der Anbindestelle im Aufwachraum regelmäßig durchgeführt wurden, erbrachten eine entsprechende Zusammensetzung der Keimarten wie die Abdrücke mit Tryptose-Soja-Agar.

Insgesamt zeigt sich an häufig benutzten Stellen

wie z. B. den Tischoberflächen ein relativ breites und variierendes Keimspektrum. Dagegen wurden an kaum benutzen bzw. schwer zugänglichen Stellen wie z. B. der Wand hinter der Heizung im Aufwachraum wesentlich niedrigere Keimzahlen mit fast ausschließlich aeroben Sporenbildnern und koagulase-negativen Mikrokokken, also mit einem relativ engen und weitgehend konstanten Keimspektrum, gefunden.

3.2.1.3 Ergebnisse nach Generalreinigung und -desinfektion

Nach einer gründlichen Reinigung und Desinfektion des Operationstraktes und der Lüftungsanlage mittels aldehydhaltiger Präparate durch eine Firma konnte auf den Oberflächen kaum Keimwachstum nachgewiesen werden. Mittels 26 Oberflächenproben von den regelmäßig untersuchten Stellen wurden nur 13 Kolonien mit maximal 3 KBE/16 cm² isoliert. Diese Kolonien setzten sich aus 11 aeroben Sporenbildnern (84,6 %) und 2 koagulasenegativen Mikrokokken (15,4 %) zusammen.

Eine Ausnahme bildet lediglich die Wand hinter der Heizung im Aufwachraum. Dort wurden auf 2 Proben 23 bzw. 5 KBE/16 cm², ausschließlich aerobe Sporenbildner, isoliert.

3.2.1.4 Luftfilter und Lüftungskanal

Die Luftfilter der Lüftungsanlage für den Operationsraum wiesen bei der Überprüfung am 10.03.1983 und am 19.04.1983 einen dichten Filtersitz und keinerlei erkennbare Defekte des Filtermaterials auf.

- Lufteintrittsseite

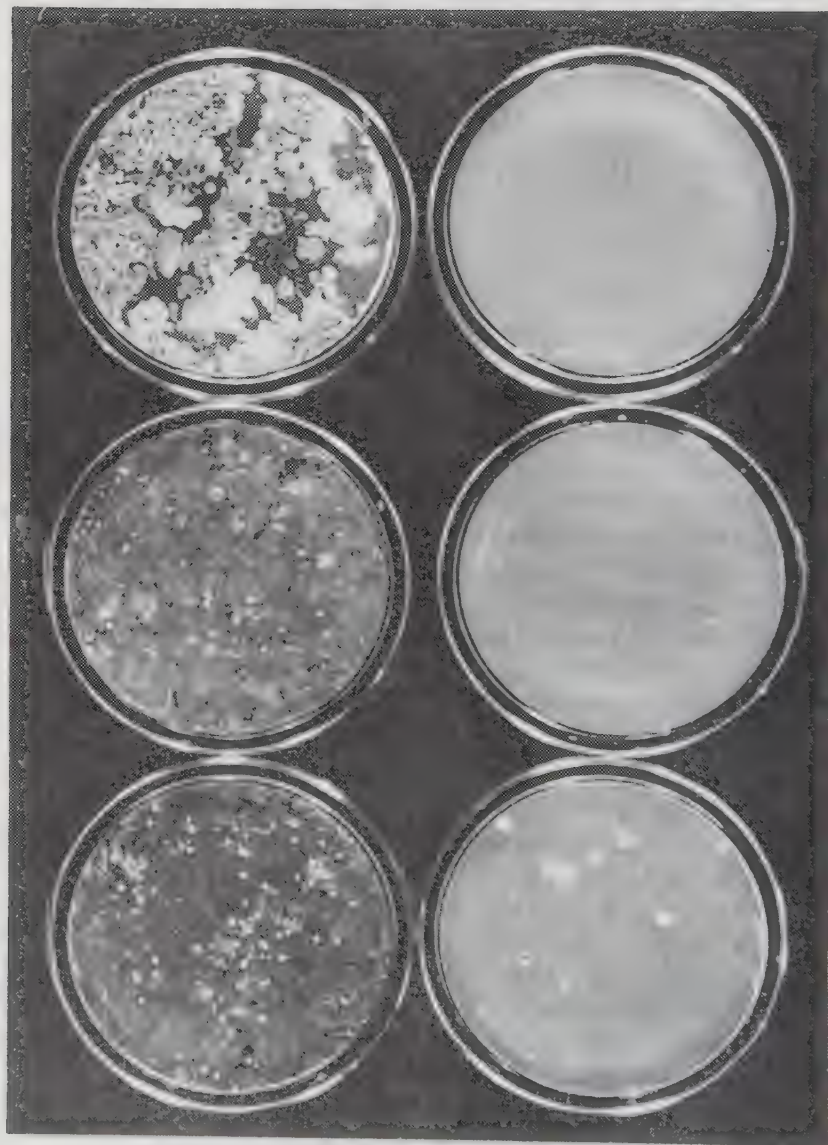


Abb. 12 a: Erste Filterstufe - Luftaustrittsseite

Abb. 12 : Oberflächenabklatschproben von den Luftfiltern

- Lufteintrittsseite

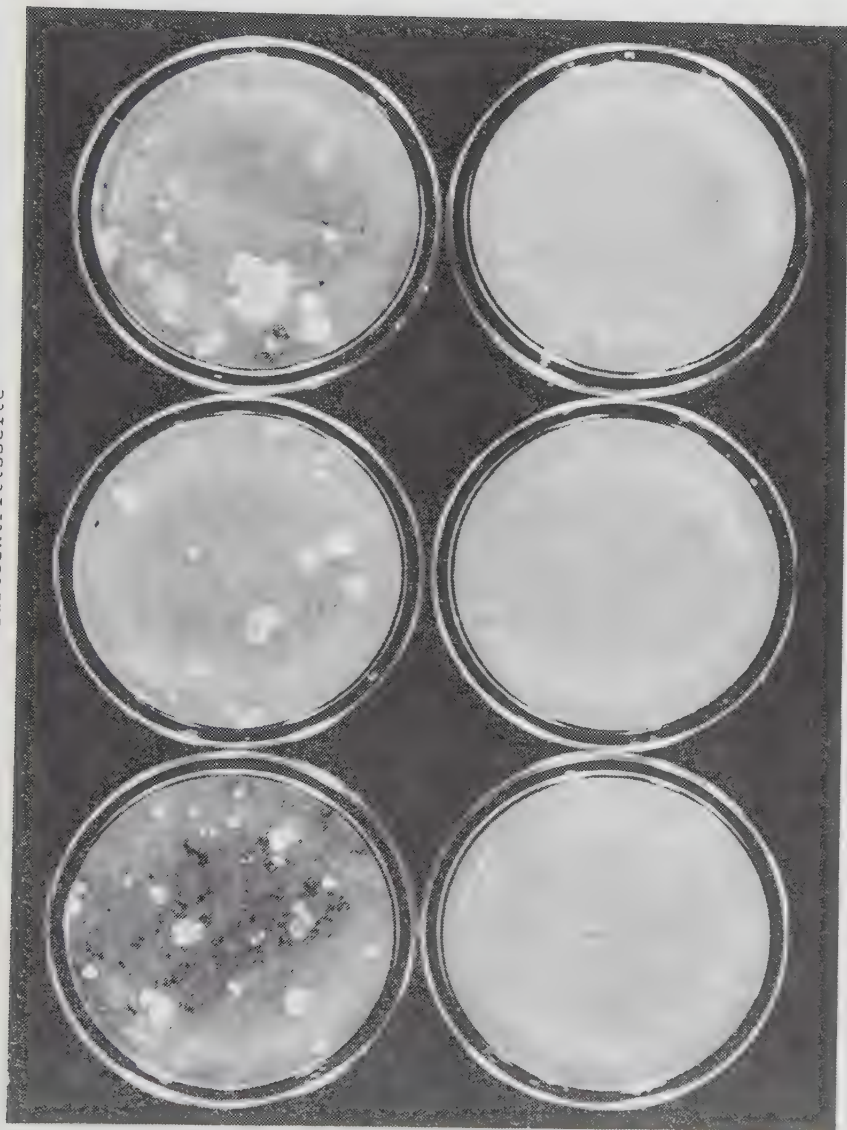


Abb. 12b: Zweite Filterstufe

- Luftaustrittsseite

Datum:	10.03.1983	19.04.1983	$\bar{x}_a$
<u>Erste Filterstufe:</u>	97	132	103,5
Lufteintritt	81	103	
	110	98	
Luftaustritt	2	7	2,5
	4	1	
	1	0	
<u>Zweite Filterstufe:</u>	15	29	14,7
Lufteintritt	11	10	
	9	14	
Luftaustritt	0	0	0
	0	0	
	0	0	
<u>Lüftungskanalwände:</u>			8,0
vor zweiter Filterstufe	4	12	
	7	3	
	12	10	0
hinter zweiter Filterstufe	0	0	
	0	0	
	0	0	

Tab. 6 : Oberflächenkeimzahlen aus dem Lüftungskanal

[KBE/16 cm²]

$\bar{x}_a$ = arithmetischer Mittelwert

Die Ergebnisse der bakteriologischen Oberflächenuntersuchungen sind der Tabelle 6 zu entnehmen. Die staubbedeckte Lufteintrittsseite der ersten Filterstufe zeigte mit durchschnittlich 103,5 KBE/16 cm² deutlich höhere Werte als die der zweiten Filterstufe mit durchschnittlich 14,7 KBE/16 cm². Die Luftaustrittsseite der ersten Filterstufe wies mit durchschnittlich 2,5 KBE/16 cm² sehr geringes, die der zweiten Filterstufe keinerlei Keimwachstum auf (siehe Abbildung 12).

Auch von den Flächen des Lüftungskanals konnten hinter der zweiten Filterstufe keine Keime isoliert werden. Auf den Kanalwänden vor der ersten und zweiten Filterstufe wurden durchschnittlich 8,0 KBE/16 cm² gefunden.

Die insgesamt 772 aus dem Lüftungskanal isolierten Kolonien setzten sich aus 98,9 % aeroben Sporenbildnern, 0,8 % koagulasenegativen Mikrokokken und 0,3 % Schimmelpilzen zusammen.

Die am 19.04.1983 neu eingesetzten Filter wiesen kein Keimwachstum auf.

3.2.2 Ergebnisse der Luftkeimmessungen

3.2.2.1 Luftkeimzahlen

Die folgenden Ergebnisse beruhen auf 32 Luftkeimmessungen im Operationsraum. Davon fanden 12 Messungen im Winter 1982/83 und 20 Messungen im Sommer 1983 statt.

In Tabelle 7 sind die ermittelten Luftkeimzahlen aufgeführt. Daraus ist ersichtlich, daß sie überwiegend unter 100 KBE/m³ Luft lagen. 40,6 % der Luftproben ergaben Keimzahlen im Bereich zwischen 0 und 10 KBE/m³, 53,1 % zwischen 11 und 100 KBE/m³

	Winter 1982/83		Sommer 1983	
	morgens	abends	morgens	abends
Mo	3,5	8,3	15,3	22,4
Fr	8,3	4,7	10,6	7,1
Mo	14,2	22,4	23,6	3,5
Fr	3,5	1,2	29,5	7,1
Mo	17,7	11,8	23,6	9,4
Fr	5,9	7,1	124,9	22,4
Mo			35,3	25,9
Fr			80,1	104,8
Mo			17,7	15,3
Fr			17,7	7,1

Tab. 7: Luftkeimzahlen aus dem Operationsraum

[KBE/m³ Luft] Mo = Montag; Fr = Freitag

	KBE	1.	2.	3.	4.	5.	6. Stufe
Winter 1982/83:	86	27,9	18,6	31,4	9,3	10,5	2,3 %
Sommer 1983:	512	28,1	28,3	23,1	9,0	9,2	2,3 %
Gesamt:	598	28,1	26,9	24,3	9,0	9,4	2,3 %

Tab. 8: Verteilung der Koloniebildenden Einheiten (KBE) in Abhängigkeit von der Korngröße der untersuchten Luftpartikel (ohne Pilze)

und nur 6,3 % über 100 KBE/m³ Luft.

Der tages- und wochenzeitliche Vergleich der Luftkeimzahlen mittels Vorzeichen- bzw. U-Test erbrachte keine statistisch gesicherten Unterschiede. Dagegen wurden im Winterabschnitt 1982/83 signifikant weniger Luftkeime isoliert als im Sommerabschnitt 1983 (U-Test).

Nach der Gesamtdesinfektion der Räume und der Lüftungsanlage durch eine Firma wurden 3,5 KBE/m³ Luft gemessen.

3.2.2.2 Luftkeime und Partikelgrößen

Die Verteilung der Koloniebildenden Einheiten in Abhängigkeit von der Korngröße der untersuchten Luftpartikel geht aus Tabelle 8 hervor. Es zeigte sich kein deutlicher Unterschied zwischen dem Winter- und dem Sommerabschnitt. Der überwiegende Anteil der Partikel (79,3 %) war größer als 3 µm (Stufe 1 - 3). Einen Durchmesser kleiner als 2 µm (Stufe 5 und 6), also Lungengängigkeit, wiesen nur 11,7 % aller gefundenen Luftpartikel auf.

3.2.2.3 Differenzierung der Luftkeime

Die Differenzierung der Luftkeime (649 KBE) ergab vorwiegend Mikrokokken mit 77,8 % koagulase-negativen und 0,3% koagulase-positiven Mikrokokken. Daneben wurden 10,0 % aerobe Sporenbildner, 7,9 % Pilze, 3,8 % grampositive Kurzstäbchen und 0,2 % Streptokokken gefunden. Der Unterschied zwischen Sommer- und Winterabschnitt war gering (siehe Tabelle 9).

	Winter 1982/83	Sommer 1983
Gesamt-KBE :	92 / 6d	557 / 10d
Mikrokokken koag.neg. :	72,8 %	78,6 %
Mikrokokken koag.pos. :	1,1 %	0,2 %
Streptokokken :	1,1 %	-
Aerobe Sporenbildner :	12,0 %	9,7 %
Grampos. Kurzstäbchen :	6,5 %	3,4 %
Pilze (nach 4 d Zi.temp.) :	6,5 %	8,1 %

Tab. 9 : Differenzierung der Luftkeime

Pilzarten :	Winter 1982/83	Sommer 1983
Penicillium	3	7
Aspergillus	2	5
Mucor	-	5
Alternaria	-	17
Cladosporium	1	6
Streptomyces	-	5
Pilze gesamt :	6 / 6 d	45 / 10d

Tab. 10 : Differenzierung der Pilze aus der Luft

d = Probenentnahmetage

An Pilzen wurden überwiegend Alternaria- und Penicilliumarten, daneben auch Aspergillus- und Mucor- sowie Cladosporium- und Streptomycesarten isoliert (siehe Tabelle 10).

3.2.3 Einfluß klimatischer Faktoren auf die Keimzahlen

Die mittleren Raum- und Außentemperaturwerte mit ihrer Schwankungsbreite sind in Tabelle 11 aufgeführt. Die Außentemperatur unterlag während der Probenentnahmezeiten starken Schwankungen von -7,8 °C im Winter 1982/83 bis +29,9 °C im Sommer 1983. Dagegen schwankten die Temperaturwerte in den drei untersuchten Räumen nur wenig, zwischen +18,5 °C und +26,0 °C.

Auch die Werte der relativen Luftfeuchtigkeit sowie der Zuluft- und Abluftgeschwindigkeit im Operationsraum sind der Tabelle 11 zu entnehmen.

Es konnten keine Abhängigkeiten der Keimzahlen von den genannten klimatischen Faktoren nachgewiesen werden.

Temperatur °C :		Vorbereitungsraum	Operationsraum	Aufwachraum	Außenluft
So 82	morgens	21,6 (20,0-23,5)	21,2 (19,0-23,0)	21,4 (18,5-24,0)	15,9 (12,8-20,3)
	abends	23,3 (21,0-26,0)	22,9 (21,9-25,0)	23,1 (20,5-25,0)	23,4 (17,8-28,7)
Wi82/83	morgens	22,9 (21,0-24,0)	22,7 (21,0-24,0)	22,7 (21,0-24,0)	0,8 (-7,8-+8,4)
	abends	23,6 (22,0-25,0)	23,3 (22,0-25,5)	23,6 (23,0-25,0)	3,6 (-1,2-+11,3)
So 83	morgens	22,5 (21,0-24,0)	22,6 (21,5-24,0)	21,7 (20,0-22,5)	17,1 (14,7-21,4)
	abends	24,0 (21,0-25,5)	23,9 (22,5-25,5)	23,1 (21,0-25,0)	25,4 (16,5-29,9)
rel. Luftfeuchte % :					
So 82	morgens	-	-	-	82,2 (71-97)
	abends	-	-	-	47,9 (40-59)
Wi82/83	morgens	-	35 (30-43)	-	88,3 (70-97)
	abends	-	38 (32-46)	-	73,8 (53-93)
So 83	morgens	62,5 (58-72)	63,2 (60-72)	63,7 (55-78)	70,9 (50-85)
	abends	58,8 (53-61)	59,5 (54-62)	55,6 (40-62)	42,5 (20-78)
Luftgeschwindigkeit m/sec im Operationsraum : Zuluft / Abluft					
So 82	morgens	1,2 (1,0-1,6)	/ 0,6 (0,5-0,8)		
	abends	1,3 (1,0-1,8)	/ 0,6 (0,4-0,8)		
Wi82/83	morgens	0,9 (0,6-1,2)	/ 0,5 (0,3-0,6)		
	abends	1,1 (0,8-1,4)	/ 0,6 (0,4-0,8)		
So 83	morgens	0,8 (0,6-1,2)	/ 0,4 (0,3-0,6)		
	abends	1,0 (0,8-1,2)	/ 0,5 (0,3-0,6)		

Tab. 11: Raum- und Außenklimawerte während der Probenentnahmen
(arithmetische Mittelwerte mit Schwankungsbreite)

4.

Diskussion

In einem Operationstrakt ist eine Keimkontamination besonders bedenklich, weil durch die Operationswunden Eintrittspforten geschaffen werden und die natürliche Resistenz durch den operativen Eingriff geschwächt wird. Neben Patient und Personal konnte das unbelebte Umfeld des Patienten als bedeutendes Keimreservoir nachgewiesen werden (GRÜN, 1970). Durch umfangreiche Hygieneuntersuchungen werden gezielte hygienische Maßnahmen möglich, welche bereits zu einer deutlichen Senkung von postoperativen Infektionsraten in der Humanmedizin führten (KANZ, 1966; 1970).

Da aus tiermedizinischen Kliniken bisher sehr wenig über ihre mikrobielle Kontamination bekannt ist, wurden für die vorliegende Arbeit Hygieneuntersuchungen im Operationstrakt einer neuerbauten Kleintierklinik durchgeführt.

Für die Beurteilung der Hygiene eines Raumes sind nach GUNDERMANN (1967; 1974b) sowohl quantitative als auch qualitative Oberflächen- und Luftkeimuntersuchungen erforderlich. Diese Untersuchungen müssen sich über einen längeren Zeitraum erstrecken, um genaue Aussagen über eine mikrobielle Kontamination zu ermöglichen und damit Hinweise für gezielte Desinfektionsmaßnahmen zu geben (DOHRMANN u. KANZ, 1978).

Daher wurden die vorliegenden Probenentnahmen in drei Abschnitte à fünf bzw. sechs Wochen unterteilt, welche sich über einen Zeitraum von 14 Monaten erstrecken. Dabei wurden eventuelle jahres-, wochen- und tageszeitliche Einflüsse berücksichtigt, um Hinweise auf Kontaminationsquellen sowie auf die Wirksamkeit von Reinigungs- und Desinfek-

tionsmaßnahmen zu erhalten. Insgesamt umfaßten die qualitativen und quantitativen Untersuchungen 1.086 Oberflächenabklatschproben mittels Rodac-Platten und 32 Luftkeimmessungen mit dem 6-stufigen Andersen-Sampler. Diese Verfahren wurden ausgewählt, da sie relativ gut reproduzierbar und somit für Serienuntersuchungen besonders geeignet sind und da sie sowohl eine quantitative als auch qualitative Auswertung der isolierten Kolonien ermöglichen.

Mit den Rodac-Platten werden durch direkten Agarabdruck 16 cm² der zu untersuchenden Oberfläche erfaßt. Nach THRAN (1979) geben bereits 5 cm² Aufschluß über die Keimbesiedlung einer größeren Fläche. Von verschiedenen Untersuchern wurde durch das direkte Agarabdruckverfahren je nach Beschaffenheit der Oberfläche beim einmaligen Abdruck eine Keimausbeute zwischen 25 % und 75 % erzielt (MAUNZ u. KANZ, 1969; GRÄF, 1974; TAMMINGA u. KAMPELMACHER, 1977). So erhielten z. B. ANGELOTTI und Mitarbeiter (1964) mittels Rodac-Platten ca. 41 % der aufgebrachten Keime von Metalloberflächen.

In der vorliegenden Arbeit bestanden die untersuchten Oberflächen im Kleintieroperationstrakt überwiegend aus Metall. Ausgewählt wurden sowohl häufig benutzte bzw. direkt kontaktierte Stellen wie die Tischoberflächen im Vorbereitungs- und Operationsraum als auch Stellen ohne direkten Personen- und Tierkontakt bzw. schwer zugängliche Stellen wie z. B. die Tischunterseite im Vorbereitungsraum, der Operationstisch-Fuß oder die Wand hinter der Heizung im Aufwachraum.

Als Bezugsgröße für den Kontaminationsgrad können die Ergebnisse der Probenentnahmen herangezogen werden, welche direkt nach einer Gesamtdeinfek-

tion der Räume und der Lüftungsanlage des Operationstraktes durchgeführt wurden. Mit überwiegend 0 und maximal 3 KBE/16 cm² auf allen Oberflächen mit Ausnahme der Wand hinter der Heizung im Aufwachraum sowie mit 3,5 KBE/m³ Luft im Operationsraum waren die Räume nach den gründlichen Desinfektionsmaßnahmen durch eine Firma mittels aldehydhaltiger Präparate nahezu keimfrei. Alle Messungen, die vor und nach dem üblichen OP-Betrieb durchgeführt wurden, erbrachten meist deutlich höhere Keimzahlen.

Da angenommen wird, daß die starken Schwankungen der Oberflächenkeimzahlen, die von 0 bis maximal 3.500 KBE/16 cm² reichten, durch multiplikative Einflüsse zustandekamen, wurden zur Angabe der zentralen Tendenz geometrische Mittelwerte gebildet. Die geringsten mittleren Keimzahlen wurden an kontaktarmen Flächen, die nach unten zeigen wie die Tischunterseite im Vorbereitungsraum mit 1,4 KBE/16 cm² und an vertikalen Flächen wie dem Operationstisch-Fuß mit 2,1 KBE/16 cm² oder am Zuluftgitter mit 3,8 KBE/16 cm² sowie an der Wand hinter der Heizung im Aufwachraum mit 5,2 KBE/16 cm² ermittelt. Von diesen Flächen wurden häufig keine Keime isoliert, so z. B. von der Vorbereitungstischunterseite und vom Operationstisch-Fuß auf 41 bzw. 42 von 64 Oberflächenproben. Nur vereinzelt waren an diesen Stellen extrem hohe Keimzahlen zu finden, welche teilweise zu hohen Standardabweichungen führten. Sie könnten auf gelegentlichen Kontakt mit Mensch oder Tier zurückgeführt werden, so z. B. am Operationstisch-Fuß durch die Schuhe des Operationspersonals beim Einstellen der Tischhöhe über ein Fußpedal. Wesentlich höhere mittlere Keimzahlen wurden von den kontaktarmen horizontalen Flächen wie dem Ab-

luftschaft mit 39,5 KBE/16 cm² und der unteren Operationstischplatte mit 12,5 KBE/16 cm² ermittelt. Eine Erklärung hierfür ist, daß sich auf diesen Flächen, insbesondere im Abluftschaft, kontaminierter Raumstaub und Tierhaare angesammelt haben.

Die höchsten Keimzahlen von durchschnittlich 131,2 KBE/16 cm² und starke Schwankungen der Einzelwerte traten auf der Vorbereitungstischoberfläche auf. Dies liegt offensichtlich daran, daß diese Fläche bei weitem am häufigsten benutzt wird und ständig mit den zu operierenden Tieren in direkten Kontakt kommt. Auch die Instrumentenschrankoberfläche wies mit durchschnittlich 39,4 KBE/16 cm² im letzten Untersuchungsabschnitt relativ hohe Keimzahlen auf, die durch indirekten Tierkontakt über Gegenstände und über die Hände des Personals verursacht sein können. Ebenfalls häufig benutzt wird die Operationstischoberfläche, wo jedoch die mittlere Keimzahl mit 14,0 KBE/16 cm² viel niedriger liegt. Der direkte Tierkontakt wird hier durch das Auflegen von Zellstoffvlies weitgehend vermieden. Flächen, die seltener benutzt werden bzw. seltener mit Tieren in Kontakt kommen, zeigten dementsprechend geringeres Keimwachstum wie das Katzenkastrationsbrett mit durchschnittlich 7,7 KBE/16 cm² im letzten Untersuchungsabschnitt sowie die Anbindestelle im Aufwachraum mit 7,4 KBE/16 cm².

Berücksichtigt werden muß jedoch beim direkten Vergleich der Probenentnahmestellen ihre unterschiedliche Oberflächenbeschaffenheit. So lassen die Wandkacheln im Aufwachraum aufgrund ihrer rauheren Oberfläche nach MAUNZ und KANZ (1969) eine geringere Keimausbeute erwarten als z. B. die glatten Me-

talloberflächen der Tische und der Lüftungsanlage im Vorbereitungs- und Operationsraum.

Neben dem Keimeintrag durch Mensch und Tier, der sich in der oben diskutierten Nutzungsart und -häufigkeit manifestiert, hat die Keimelimination den größten Einfluß auf den Kontaminationsgrad. Da es sich bei den vorliegenden Untersuchungen um Feldversuche handelt, können die unterschiedlichen Einflüsse auf den Kontaminationsgrad nur unter Vorbehalt getrennt betrachtet werden. So scheinen die teilweise signifikanten tages-, wochen- und insbesondere jahreszeitlichen Unterschiede der Keimzahlen ihre Hauptursache in unterschiedlichen Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen zu haben.

Häufig benutzte Flächen wurden regelmäßig nach dem Operationsbetrieb mit klarem Wasser gereinigt. Danach wurden die "Abendproben" entnommen. Als keimreduzierende Maßnahme wurde im Operations- und Vorbereitungsraum neben der Lüftung mit 3-stufiger Filterung eine UV-Desinfektion während der Nacht durchgeführt. An der direkten Bestrahlung des Operationsraumes hat der Vorbereitungsraum durch die Ozonbildung indirekt Anteil über die geöffnete Verbindungstür. Während der drei Untersuchungsabschnitte fiel die UV-Bestrahlung für verschieden lange Zeiträume aus, was sich teilweise in erhöhten Keimzahlen bemerkbar machte. Die nahe am UV-Strahler gelegenen Flächen wie die direkt bestrahlte Operationstischoberfläche und die im UV-Schatten gelegene untere Operationstischplatte sowie das Zuluftgitter wiesen nach nächtlicher UV-Bestrahlung signifikant geringeres Keimwachstum auf als ohne. Kein Unterschied mit und ohne UV-Bestrahlung zeigte sich für die übrigen, weiter entfernten Flächen. Die keimreduzierende Wirkung der UV-Strahlen auf Ober-

flächen wurde zwar sowohl bei direkter als auch indirekter Einwirkung nachgewiesen (GUNDERMANN u. JOHANNSEN, 1970), jedoch wird das gebildete Ozon bei künstlicher Lüftung zu rasch eliminiert. Da somit die desinfizierende Wirkung reduziert wird, ist nach TOLON und BOTZENHART (1974) eine Keimreduktion durch Scheuerdesinfektion nach der Operation und durch die Lüftung wirkungsvoller. Während der drei Untersuchungsabschnitte zeigten sich im Operationsraum signifikante Unterschiede der Keimzahlen von der oberen und unteren Operationstischplatte sowie vom Zuluftgitter. Diese Unterschiede sind möglicherweise auf den unterschiedlichen UV-Einfluß zurückzuführen, da bei der häufigsten UV-Bestrahlung im Winter 1982/83 die geringsten Keimzahlen und im Sommer 1982 mit der seltensten UV-Bestrahlung die höchsten Keimzahlen gefunden wurden. Nicht eindeutig zu erklären ist dagegen der signifikante Unterschied der Oberflächenkeimzahlen im Aufwachraum während der drei Untersuchungsabschnitte.

Der Vergleich zwischen Montag und Freitag zeigte keine Unterschiede der Keimzahlen. Eine Ausnahme bildet lediglich der Abluftschacht. Dort lag das Keimniveau montags signifikant niedriger als freitags, was auf die keimreduzierende Wirkung der Lüftungsanlage bei geringerem Keimeintrag während des Wochenendes hinweist.

Signifikante Unterschiede der Keimzahlen zwischen morgens und abends ergaben sich nur an häufig benutzten Stellen mit direktem und indirektem Personen- und Tierkontakt wie den Oberflächen des Instrumentenschrankes, des Vorbereitungs- und des Operationstisches. Da die Keimzahlen auch ohne vorhergehende UV-Bestrahlung morgens deutlich geringer

waren als abends, z. B. auf der Vorbereitungstisch-
oberfläche, scheinen auch natürliche Absterbevor-
gänge und/oder Keimeliminierung über die Lüftung
von Bedeutung zu sein.

Ein Vergleich der vorliegenden Oberflächenkeimzah-
len mit den Ergebnissen anderer Untersucher ist
nicht möglich, da aus der Veterinärmedizin keine
entsprechenden quantitativen Untersuchungen vorlie-
gen und die Ergebnisse aus der Humanmedizin auf an-
deren Auswertungsmethoden beruhen.

Ein Vergleich der eigenen Oberflächenenergebnisse mit
denen aus entsprechenden veterinärmedizinischen Be-
reichen wird lediglich durch die qualitativen Ober-
flächenuntersuchungen von WÖRNER u. a. (1975) im
Kleintieroperationsraum ermöglicht. Anhand von 131
Oberflächenproben mittels Agarwurstverfahren unter-
suchten sie unbelebte Flächen sowie den Operateur
und das Operationsfeld. Mit 29 % pathogenen und
24 % apathogenen nehmen die Staphylokokken den
größten Anteil aller von ihnen isolierten Keime
ein, gefolgt von aeroben Sporenbildnern mit 20 %, *Pseudomonas aeruginosa* mit 15 %, Streptokokken mit
3,8 % und Sonstigen. Einen sehr geringen Anteil ha-
ben coliforme Bakterien mit 0,1 % und Corynebakte-
rien mit 0,07 %. Weitgehend entsprechende Keimarten
wurden bei den eigenen Untersuchungen isoliert. Die
Differenzierung der insgesamt 78.274 Kolonien, die
auf den neun regelmäßig untersuchten Oberflächen im
Operationstrakt gefunden wurden, ergab 34,8 % aerobe
Sporenbildner, 33,6 % gramnegative Kurzstäbchen,
30,4 % Mikrokokken, davon 29,8 % koagulasenegative
und 0,6 % koagulasepositive, 0,9 % Streptokokken,
0,2 % *E.coli* und 0,1 % grampositive Kurzstäbchen.

Dabei war auffallend, daß an häufig benutzten Stellen wie den Tischoberflächen ein breites, oft variierendes Keimspektrum mit einem hohen Anteil an gramnegativen Kurzstäbchen neben aeroben Sporenbildnern und Mikrokokken auftrat. An kaum benutzten Stellen wurden dagegen fast ausschließlich aerobe Sporenbildner und Mikrokokken gefunden.

Aerobe Sporenbildner und Mikrokokken wurden am häufigsten und von allen Stellen isoliert. Zu entsprechenden Ergebnissen kamen GUNDERMANN (1969; 1974b) sowie GRÄF und MÜLLER (1976) bei ihren Oberflächenuntersuchungen in Human- bzw. Zahnkliniken.

Das Auftreten pathogener Mikrokokken im Krankenhaus scheint von der Anwesenheit keimausscheidender Personen abhängig zu sein (PFEIFFER u. a. 1976; KANZ, 1981). So wurden z. B. von GUNDERMANN (1974b) auf 10 % aller Oberflächenproben von Operationsabteilungen in Krankenhäusern pathogene Staphylokokken gefunden; GRÄF und MÜLLER (1976) isolierten nur in 1,8 % aller Oberflächenproben im chirurgischen Zahnklinikbereich *Staphylococcus aureus*. Entsprechend dazu traten bei den eigenen Untersuchungen koagulasepositive Mikrokokken in 7,3 % aller untersuchten Oberflächenproben im Kleintieroperationstrakt auf.

Auffallend war bei den eigenen Oberflächenuntersuchungen vor allem der sehr hohe Anteil an gramnegativen Kurzstäbchen mit 33,6 % aller isolierten Kolonien. Sie wurden fast ausschließlich auf häufig benutzten und gereinigten Flächen wie den Tischoberflächen gefunden. Zwar traten sie nur in 5,7 % aller Oberflächenproben auf, dann aber in sehr hoher Anzahl, bis über 1.000 Kolonien/16 cm². Bei der Identifizierung ergaben sich überwiegend *Alcaligenes faecalis* und *Acinetobacter lwoffii*. Sie zählen

zu der Gruppe der Naß- und Pfützenkeime, die sich im Krankenhaus häufig in feuchten Putz-Utensilien anreichern (MÜLLER, 1981 a u. b). So ermittelte KANZ (1981) in einem aseptischen Operationssaal nach der Reinigung weit höhere Keimzahlen als vorher, verursacht durch stark verkeimte Putzlappen. Möglicherweise geben die eigenen Oberflächenuntersuchungen Hinweise in diese Richtung.

Die künstliche Lüftung ist im Operationsraum zu einer wichtigen Reduktionsmaßnahme des Luftkeimgehaltes geworden (RÜDEN, 1982). In Krankenhäusern sind für operative Bereiche "Raumlüftungstechnische Anlagen" vorgeschrieben, die genauen baulichen, technischen und hygienischen Anforderungen genügen müssen (DEUTSCHE NORMEN, DIN 1946 Teil 4, 1978). Diesen Anforderungen entspricht offensichtlich auch die Lüftungsanlage des untersuchten Kleintieroperationsraumes.

Die Abklatschproben von den Luftfiltern und den Lüftungskanalwänden zeigten hinter der zweiten Filterstufe auch nach längerer Filterstandzeit kein Keimwachstum. Die Differenzierung der Keime, die auf den Filtern und an den Lüftungskanalwänden vor der zweiten Filterstufe isoliert wurden, erbrachte überwiegend aerobe Sporenbildner (98,9 %) sowie vereinzelt Mikrokokken und Schimmelpilze. Entsprechende Ergebnisse liegen von Untersuchungen aus der Humanmedizin vor (KRÖGER u. PÖSCHEL-SIEDENBURG, 1972; HEGER, 1978).

Die Luftkeimmessungen mit dem Andersen-Sampler im leeren Kleintieroperationsraum ergaben relativ niedrige Luftkeimzahlen. 41 % der Werte lagen zwischen 0 und 10 KBE/m³. 53 % zwischen 11 und 100 KBE/m³ und nur 6 % über 100 KBE/m³ Luft. Bei entsprechen-

den Untersuchungen in verschiedenen klimatisierten Krankenhausoperationsräumen fand PITZ (1975) mit dem Andersen-Sampler bei 24% der Proben Luftkeimzahlen zwischen 0 und 100 KBE/16 cm², bei 58 % Werte zwischen 11 und 100 KBE/m³ und bei 18 % über 100 KBE/m³ Luft.

Auf den sechs Stufen des Andersen-Samplers findet eine Auftrennung der Luftpartikel nach ihrer Größe statt. Auf Stufe 5 und 6 scheiden sich lungengängige Partikel ab, mit einem Durchmesser $\leq 2 \mu\text{m}$. Im Kleintieroperationsraum fanden sich mit durchschnittlich 11,7 % lungengängigen Partikeln entsprechend wenig wie bei Messungen im belüfteten Versuchstierstall mit 12,1 % (HILBIG, 1972) oder in der Außenluft mit 15 % (PITZ, 1975).

Auch die Differenzierung der Luftkeime aus dem Kleintieroperationsraum ergab mit überwiegend Mikrokokken, wenig aeroben Sporenbildnern, Pilzen, grampositiven Kurzstäbchen und Streptokokken eine ähnliche Zusammensetzung wie in der Humanmedizin (SONNTAG u. a., 1979).

In der Bundesrepublik Deutschland gibt es bislang keine allgemeingültigen Richtwerte für die höchstzulässige Luftkeimkonzentration in Operationsräumen. In Anlehnung an die Normen in der Schweiz und in den USA wurde für Niedersachsen als Richtwert bis 70 Keime/m³ Luft in Operationsräumen festgelegt (zitiert nach EXNER u. KRIZEK, 1981). Differenziertere Vorschläge stammen von RÜDEN (1978). Danach sollten in Operationsräumen mit 3-stufiger Filterung, wie sie für den untersuchten Kleintieroperationsraum vorliegt, weniger als 30 Keime/m³ in der aufbereiteten Außenluft (Primärluft) vorhanden sein.

Die Lüftungsanlage erwies sich insgesamt als sehr gut wirksam und sie entspricht den Anforderungen aus der Humanmedizin.

Für den Kontaminationsgrad der Oberflächen fehlen entsprechende Vergleichsmöglichkeiten. Er hängt von der Nutzung der Flächen sowie den angewandten Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen ab. Mit überwiegend aeroben Sporenbildnern und koagulasenegativen Mikrokokken zeigte sich auf den Oberflächen eine sog. "normale Keimflora" (GUNDERMANN, 1974b). Auffallend war lediglich das zeitweise massive Auftreten von gramnegativen Kurzstäbchen auf den Tischoberflächen.

Im Operationsraum erwies sich die UV-Bestrahlung als gut keimreduzierend. Ihre regelmäßige Einwirkung kann jetzt anhand des eingebauten Betriebsstundenzählers überwacht werden. Da die direkte UV-Bestrahlung jedoch nur in der betriebsfreien Zeit möglich ist und da sich die indirekte UV-Desinfektion auf die Vorbereitungstischoberfläche als unzureichend erwiesen hat, wird zusätzlich eine Zwischendesinfektion mit chemischen Präparaten empfohlen.

5. Zusammenfassung

Im Operationstrakt der neuerbauten Klinik für kleine Haustiere der FU Berlin wurden in drei Untersuchungsabschnitten im Sommer 1982, im Winter 1982/83 und im Sommer 1983 Hygieneuntersuchungen durchgeführt.

Anhand von 1.086 Oberflächen-Abklatschproben wurden jeweils die Keimzahl und das Keimspektrum in drei Räumen einer Funktionseinheit bestimmt, und zwar in einem Operationsraum, einem Vorbereitungsraum und einem Aufwachraum. Die vergleichenden Untersuchungen wurden an häufig berührten sowie an schwer zugänglichen Oberflächen vorgenommen. Außerdem wurde die Lüftung des Operationsraumes überprüft, indem Luftkeimmessungen und Oberflächenuntersuchungen an Lufteintritts- und Luftaustrittsflächen im Raum sowie an den Luftfiltern der Lüftungsanlage durchgeführt wurden. Die Probenentnahmen fanden in den leeren Räumen jeweils vor und nach dem Tagesbetrieb zweimal wöchentlich, montags und freitags, statt. Berücksichtigt wurden auch eventuelle Einflüsse durch Schwankungen der Temperatur und Luftfeuchte sowie durch Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen.

Die Kontrolluntersuchung nach einer Gesamtdesinfektion der Räume und der Lüftungsanlage ergab sehr niedrige Oberflächen- und Luftkeimzahlen und bietet einen Vergleichswert zu den übrigen Untersuchungsergebnissen.

Die Überprüfung der Lüftung erbrachte keine hygienischen Mängel. Die Lüftungsanlage wird regelmäßig gewartet und die Luftfilter werden frühzeitig gewechselt. Die Luftkeimzahlen im Kleintieroperations-

raum lagen meist weit unter dem Richtwert von 70 KBE/m³, der in der Schweiz und in den USA für die Zuluft von Operationsräumen festgesetzt wurde. Die Differenzierung der Luftkeime ergab mit ausschließlich grampositiven Bakterien und wenig Pilzen ebenfalls keine Hinweise auf hygienische Mängel.

Die Oberflächenuntersuchungen im Operationstrakt führten zu unterschiedlichen Ergebnissen. Von den schwer zugänglichen, daher kaum berührten Stellen, wurden sehr wenige Keime isoliert, wobei es sich fast ausschließlich um aerobe Sporenbildner und Mikrokokken handelte. Die Untersuchungen der häufig berührten Stellen, vornehmlich der Tischoberflächen, ergaben Keimzahlen, die zwischen 0 und 3.500 KBE/16 cm² schwankten. Das Keimspektrum war auf diesen Oberflächen relativ breit. Neben aeroben Sporenbildnern und Mikrokokken wurden gramnegative Kurzstäbchen in größerer Anzahl gefunden.

Die hohen Keimzahlschwankungen ließen sich zum Teil auf die unterschiedlichen Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen zurückführen. Die Vorbereitungstischoberfläche zeigte die höchsten mittleren Keimzahlen und keinen Einfluß der UV-Desinfektion auf die Keimzahlen. Im Operationsraum jedoch wurden auf den dem UV-Strahler nahegelegenen Flächen nach nächtlicher UV-Bestrahlung signifikant geringere Keimzahlen registriert als ohne. Zur besseren Kontrolle der Wirkungszeit der UV-Strahler wurden Betriebsstundenzähler eingebaut. Zusätzlich wurde eine regelmäßige Zwischendesinfektion mit chemischen Präparaten empfohlen.

6.

Summary

In the operating suite of the modern hospital for small animals of the FU Berlin three series of hygienic investigations have been carried out, that was in summer 1982, in winter 1982/83 and in summer 1983.

On the basis of 1.086 direct agar contact samples the bacterial counts and spectrum of different surfaces in three rooms building a functional unit, which are an operating, a preparation and an awakening room, have been determined. These comparative investigations included both frequently contacted and not easily accessible surfaces. Furthermore the ventilation of the operating room has been examined by investigating the bacterial content of the room air and of the air intake and air offtake surfaces in the operating room as well as of the air filter in the air conditioning equipment. Sampling took place in the empty rooms in each case before and after surgery activity, twice a week on Mondays and Fridays. A probable influence of changing temperature and humidity as well as of different cleansing and disinfecting measures has been considered.

The control investigation after a total disinfection of the rooms and the air conditioning equipment yielded very low germ counts of the air and the surfaces, which can serve as standard values to the periodical germ counts.

No signs of hygienic defects were shown by controlling the ventilation. The air conditioning equipment is maintained regularly with opportune air filter exchange. The airborne bacterial counts in the small animal operating room did mostly lay

exceedingly under the standard value of 70 cfu/m³ required for the inlet air in human operating theatres in Switzerland and in the USA. Nor have there been signs of hygienic deficiency concerning the bacterial spectrum of the airborne germs which consisted exclusively of grampositive bacteria and some fungi.

The investigations of the surfaces in the operating suite yielded various results. For the surfaces not easily accessible and consequently seldom contacted, there have been isolated very few bacterial germs with predominating aerobic spore-formers and micrococci. For the investigations of the surfaces often contacted, especially the table-tops, they yielded bacterial counts ranging from 0 to 3.500 cfu/16 cm². Their bacterial spectrum has been relatively broad. Beneath aerobic spore-formers and micrococci high counts of gramnegative short rods were found.

The great variability of the bacterial counts could be partly attributed to the different cleansing and disinfecting measures. The highest average bacterial contamination has been evaluated on the surface of the preparation table, where no influence of the ultra-violet disinfection on the bacterial counts could be ascertained. Yet on the surfaces nearby the ultra-violet lamp in the operating room germ concentration has been significantly lower after ultra-violet irradiation over night than it has been without. By the installation of working-period counters an improved control of the ultra-violet irradiation periods has been brought about. Besides regularly disinfecting by use of chemical preparations has been recommended.

7. Literaturverzeichnis

ANDERSEN, A.A. (1958):

New Sampler for the Collection, Sizing and Enumeration of Viable Airborne Particles.

J. Bacteriol. 76, 471 - 484

ANGELOTTI, R., J. L. WILSON, W. LITSKY and

W. G. WALTER (1964):

Comparative evaluation of the cotton swab and rodac methods for the recovery of Bacillus subtilis spore contamination from stainless steel surfaces.

Health Lab. Sci. 1, 289 - 296

ANONYM (1982):

CAMFIL-Filter Broschüren über Partikelabscheidung, Prüfverfahren und Filtertechnik

CAMFIL GmbH, D-2067 Reinfeld

AZUBUIKE, R. M. (1975):

Methoden zur Bestimmung des Luftkeimgehaltes.

Bonn, Rheinische Friedrich-Wilhelm Univ., Med. Fak., Diss.

BECH-NIELSEN, S. (1979):

Nosocomial (Hospital-Acquired) Infection in Veterinary Practice.

J. Am. Vet. Med. Assoc., 175, 1304 - 1307

BECKERT, J. (1982):

Errichtung und Wartung raumlufttechnischer Anlagen in Krankenhäusern.

Hyg. Med. 7, 299 - 302

BENGTTSSON, S. , A. HAMBRAEUS and G. LAURELL (1979):
Wound infections after surgery in a modern operating suite: clinical, bacteriological and epidemiological findings.

J. Hyg., 83, 41 - 57

BOHNENSTENGEL, C. (1979):

Die mikrobiologische Untersuchung von Oberflächen lebloser Materialien und ihre Bedeutung für die Verhütung des infektiösen Hospitalismus.

Z. gesamte Hyg. Grenzgeb., 25, 398 - 401

BORNEFF, M. (1977):

Entwicklung einer neuen Prüfmethode für Flächendesinfektionsverfahren - II. Mitteilung: Vergleichsversuche mit der Abdruck- und Abspülmethodik.

Zentralbl. Bakteriol. Hyg., I. Abt. Orig. B 165,
11 - 19

BOTZENHART, K. (1976):

Klimaanlagen in Krankenhäusern.

Öff. Gesundheitswes. 38, 319 - 323

BOTZENHART, K. (1979):

Die Gefahren durch Mikroorganismen am Arbeitsplatz und in der Umwelt - Erfassung und Bewertung von Luftkeimzahlen.

Zentralbl. Arbeitsmed. 12, 309 - 315

BÜRGER, H. (1982):

Die Bedeutung der Hefen und Schimmelpilze bei nosokomialen Infektionen.

Hyg. Med. 7, 344 - 353

BUNDESGESUNDHEITSAMT (1976):

Richtlinie für die Erkennung, Verhütung und Bekämpfung von Krankenhausinfektionen.

Bundesgesundheitsblatt 19 Nr. 1, 1 - 7

CASELITZ, F.-H. u. V. FREITAG (1977):

Der Hospitalismus aus bakteriologischer Sicht.

Klin. Wochenschr. 55, 1185 - 1190

DARBORD, J.-C. u. F. BRION (1976):

Contrôles microbiologiques des surfaces en milieu hospitalier.

Nouv. Presse Méd. 5, 1349 - 1352

DASCHNER, F. (1979):

Patientenorientierte Verhütung und Bekämpfung krankenhauserworbener Infektionen.

Klin. Wochenschr. 57, 1203 - 1208

DASCHNER, F. (1981):

Hygiene in der ärztlichen Praxis - Was ist notwendig, was ist unsinnig?

ZFA (Stuttgart) 57, 2193 - 2196

DEUTSCHE NORMEN (1978):

Raumlufttechnische Anlagen in Krankenhäusern.

DIN 1946 Teil 4, April 1978

Beuth Verlag GmbH, Berlin, Köln

DOHRMANN, R. u. E. KANZ (1978):

Der hygienische Aussagewert bakteriologischer Umgebungsuntersuchungen in chirurgischen Kliniken.

Chirurg 49, 189 - 193

DUVLIS, Z. (1979):

Luftkeimzahlen im Operationsraum.

Öff. Gesundheitswes. 41, 13 - 16

EXNER, M. u. L. KRIZEK (1981):

Die Erfassung von luftgetragenen Mikroorganismen in
Räumen mit hohen Anforderungen an die Keimarmut.

Ärztl. Lab. 27, 79 - 86

GLAWOGGER, F. (1969):

Zum Problem des Hospitalismus - Experimentelle
Ergebnisse.

Arch. Hyg. 153 Nr. 5, 413 - 420

GLICKMAN, L. T. (1981):

Veterinary Nosocomial (Hospital-Acquired)
Klebsiella Infections.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 179, 1389 - 1392

GRÄF, W. (1974):

Herstellung und Anwendung einfacher Agarabklatsch-
kulturen.

Zentralbl. Bakteriol. Hyg., I. Abt. Orig. B
159, 291 - 297

GRÄF, W. u. W. MÜLLER (1976):

Zur Hospitalismusproblematik im zahnärztlichen
Praxisbereich.

Zentralbl. Bakteriol. Hyg., I. Abt. Orig. B
161, 427 - 443

GRÜN, L. (1970):

Entwicklung und Stand der Infektionen im Krankenhaus.

Arch. Hyg. 154, 181 - 187

GUNDERMANN, K. O. (1967):

Zur Methodik der Keimzahlbestimmung auf Oberflächen.
Arch. Hyg. 150, 753 - 758

GUNDERMANN, K. O. (1969):

Krankenhaushygiene und infektiöser Hospitalismus.
Kiel, Med. Habil.-Schr.

GUNDERMANN, K. O. (1972):

Untersuchungen zur Lebensdauer von Bakterienstämmen
in Staub unter dem Einfluß unterschiedlicher Luft-
feuchtigkeit.

Zentralbl. Bakteriол. Hyg., I. Abt. Orig. B
156, 422 - 429

GUNDERMANN, K. O. (1974a):

Untersuchungen zur Reduzierung des Luftkeimgehal-
tes in Räumen mit kontinuierlicher Keimfreisetzung.

Zentralbl. Bakteriол. Hyg., I. Abt. Orig. B
159, 31 - 49

GUNDERMANN, K. O. (1974b):

Die Keimbelastung in verschiedenen Krankenhausbe-
reichen.

Zentralbl. Bakteriол. Hyg., I. Abt. Orig. B
159, 231 - 243

GUNDERMANN, K. O. (1977):

Entwicklungstendenzen moderner Krankenhaushygiene.
Internist 18, 368 - 373

GUNDEPMANN, K. O. u. H. JOHANNSEN (1970):

Untersuchungen zur Überlebensdauer von Bakterien auf Oberflächen und der Möglichkeiten ihrer Beeinflussung - I. Der Einfluß verschiedener Lichtverhältnisse und vorausgegangener Desinfektion bei Verwendung herkömmlicher Materialien.

Arch. Hyg. 154, 102 - 109

HALL, L. B. and M. J. HARTNETT (1964):

Measurement of the bacterial contamination on surfaces in hospitals.

Public Health Rep. 79, 1021 - 1024

HEGER, R. (1978):

Probleme der qualitativen und quantitativen Keimbelastung der Luft durch lufttechnische Anlagen im Großkrankenhaus, dargestellt an Untersuchungen im Klinikum Steglitz.

Berlin, Freie Univ., Med. Fak., Diss.

HEISTER, R. u. W. MARGET (1980):

Gefahr in unseren Kliniken: Hospitalinfektionen.

Med. Klin. 75 Nr. 9, 319 - 327

HERDLITSCHKA, H.-P. (1980):

Untersuchungen an tierischen Luftkeimquellen.

Hohenheim, Univ., Fachber. Agrarwiss., Diss.

HILBIG, V. (1972):

Erfahrungen mit dem Andersen-Sampler bei der Untersuchung des Luftkeimgehaltes eines Versuchstierstalles.

Berlin, Freie Univ., Fachber. Veterinärmed., Diss.

HIRSCH, H. A. (1982):

Bakteriologie und Chemotherapie: Nosokomiale Infektionen.

Hyg. Med. 7, 105 - 106

HOPPENKAMPS, G. W. (1979):

Reinraumtechnik für Operationssäle: Vergleichende Untersuchung über Luftkeimkonzentration, Keimsedimentation im Wundgebiet und Wundverkeimung bei konventioneller, turbulenter Lüftung und bei turbulenzarmer, horizontaler Verdrängungsströmung.

Bonn, Rheinische Friedrich-Wilhelm Univ., Med. Fak., Diss.

HUDEMANN, H. (1982a):

Bestimmung von Keimen an Gegenständen und Flächen.
in: WILDFÜHR G. (Hrsg.): Lehrbuch der medizinischen Mikrobiologie.

Thieme Verlag, Leipzig; Bd. IV, 2. Teil,
2. Aufl., 1088 - 1092

HUDEMANN, H. (1982b):

Bestimmung des Luftkeimgehaltes.

in: WILDFÜHR G. (Hrsg.): Lehrbuch der medizinischen Mikrobiologie.

Thieme Verlag, Leipzig; Bd. IV, 2. Teil,
2. Aufl., 1083 - 1088

JERRATSCH, S. (1980):

Über das Absterbeverhalten von *Staphylococcus aureus* bei Variation von Luftfeuchte, Keimdicke, Konzentration des Suspensionsmediums sowie unter Desinfektionsmitteleinfluß.

Berlin, Freie Univ., Med. Fak., Diss.

KANZ, E. (1966):

Hospitalismusfibel.

Kohlhammerverlag, Stuttgart, 2. Aufl.

KANZ, E. (1970):

Bekämpfungsmaßnahmen für Infektionen im Operationsbereich und auch der Intensivpflegestation.

Arch. Hyg. 154, 188 - 201

KANZ, E. (1981):

Zur Lage der Krankenhaushygiene.

Hyg. Med. 6, 199 - 203

KIKUTH, W. (1960):

Der moderne Hospitalismus aus mikrobiologischer und hygienischer Sicht.

Dtsch. Med. Wochenschr. 85, 1920 - 1925

KLEIN, H.-J. u. H.-P. WERNER (1969):

Eine einfache Methode zur Anfertigung von Abklatschkulturen für den Nachweis von Keimträgern bei der Bekämpfung des Hospitalismus.

Zentralbl. Bakteriol. Orig. 211, 395 - 399

KNIPPENBERGER, H. (1969):

Die Beurteilung der Küchenhygiene.

Arch. Hyg. 153, 514 - 531

KRÖGER, E. u. W. PÖSCHEL-SIEDENBURG (1972):

Bakteriologische Kontrolluntersuchungen in Operationsbereichen und Entbindungsabteilungen von 17 Krankenhäusern mit und ohne Klimaanlage.

Gesundheitswes. Desinfekt. 64, 86 - 88

LITONSKI, B. (1974):

Klimaanlage als Entkeimungseinrichtung der OP-Raumluft.

Zentralbl. Bakteriол. Hyg., I. Abt. Orig. B
159, 244 - 271

MAUNZ, U. u. E. KANZ (1969):

Beiträge zur quantitativen Auswertung von Abklatschkulturen.

Gesundheitswes. Desinfekt. 61, 129 - 142

MCDADE, J. J. and L. B. HALL (1964):

Survival of gram-negative bacteria in the environment - I. Effect of relative humidity on surface-exposed organisms.

Am. J. Hyg. 80, 192 - 204

MERÜ, A., W. STEUER, E. SCHNELLE u.

E. ROHRMÜLLER (1982):

Hygienische Untersuchungen in einem vorgefertigten Operationsraum mit Deckenzuluftfeld.

Hyg. Med. 7, 197 - 204

MÜLLER, H. E. (1981a):

Die verschiedenen Gruppen hospitalismusrelevanter Erreger.

Hyg. Med. 6, 507 - 510

MÜLLER, H. E. (1981b):

Acinetobacter calcoaceticus als Erreger nosokomialer Infektionen.

Hyg. Med. 6, 193 - 197

PFEIFFER, E. H., H.-P. WERNER, J. R. WITTIG

u. H. DUNKELBERG (1976):

Hygienisch-bakteriologische Vergleichsuntersuchungen an 50 Krankenhäusern - II. Zur Bedeutung des Personals für die Ausbreitung von Krankheitserregern auf chirurgischen Stationen.

Zentralbl. Bakteriol. Hyg., I. Abt. Orig. B 161, 399 - 407

PITZ, N. (1975):

Untersuchungen zur Hygiene von Klimaanlage in Krankenhäusern.

Düsseldorf, Univ., Med. Fak., Diss.

RATHMACHERS, B. u. M. BORNEFF (1977):

Entwicklung einer neuen Prüfmethode für Flächendesinfektionsverfahren - IV. Mitteilung: Natürliche Absterberate und deren Beeinflussung durch Umgebungsfaktoren.

Zentralbl. Bakteriol. Hyg., I. Abt. Orig. B 165, 43 - 59

RECKZEH, G. u. W. DONTENWILL (1973):

Zur Frage der quantitativen Bestimmung von Luftkeimen in Klimaanlage am Modell einer nach dem "geschlossenen System" erbauten tierexperimentellen Abteilung.

Zentralbl. Bakteriол. Hyg., I. Abt. Orig. B
157, 227 - 256

ROTTER, M. u. W. KOLLER (1973):

Sammlung von Luftkeimen mit Gelatinefiltern.

Zentralbl. Bakteriол. Hyg., I. Abt. Orig. B
157, 257 - 270

ROYAL COLLEGE of VETERINARY SURGEONS (1976):

Veterinary hospitals: Minimum standards and requirements.

Vet. Rec. 98, 229

RÜDEN, H. (1978):

Raumlufthygienische Anforderungen und ihre Beeinflussung durch baulich-technische Maßnahmen.

Krankenhaus 70, 391 - 396

RÜDEN, H. (1982):

Raumluftechnische Anlagen und Infektionsverhütung.

Öff. Gesundheitswes. 44, 54 - 58

RÜDEN, H. u. K. O. GUNDERMANN (1979):

Zur Bedeutung von raumluftechnischen Anlagen bei der Verhütung von nosokomialen Infektionen.

Hyg. Med. 4, 187 - 193

RÜDEN, H., M. WULLENWEBER, C. LEBERL u. K. METZGER
(1980):

Luftmikrobiologische Untersuchungen in einem Krankenhaus-II. Chirurgische Operationsabteilung.

Hyg. Med. 5, 446 - 454

RUSSENBERGER, H. J., E. SCHOLZ u. H. U. WANNER
(1974):

Bakterielle Kontamination der Raumluft in Intensivpflegestationen.

Soz. Präventivmed. 19, 337 - 341

SACHS, L. (1974):

Angewandte Statistik - Planung und Auswertung;
Methoden und Modelle.

Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York,
4. Aufl.

SANDER, J. (1981):

Hospitalismus in der Praxis des niedergelassenen
Arztes? - Praxiskeime - Infektionen - Antibiotika.

ZFA (Stuttgart) 57, 2197 - 2201

SCHWARZ, H. (1980):

Bewertung der Spitalhygiene durch einen Chefarzt.

Swiss. Med. 2, 16 - 20

SONNABEND, O. (1980):

Häufigkeit von nosokomialen Infektionen bei mikrobiologisch untersuchten Sektionsfällen.

Swiss. Med. 2, 80 - 86

SONNTAG, H.- G., V. HINGST u. H. GÄRTNER (1979):

Luftkeimmessungen im Krankenhaus.

Hyg. Med. 4, 177 - 181

STEUER, W. u. C. SACRÉ (1976):

Die Effektivität von Belüftungsanlagen im Krankenhaus.

Öff. Gesundheitswes. 38, 314 - 318

TAMMINGA, S. K. u. E. H. KAMPELMACHER (1977):

Comparison of Agar Sausage, Alginate Swab and Adhesive Tape Methods for Sampling Flat Surfaces Contaminated with Bacteria.

Zentralbl. Bakteriol. Hyg., I. Abt. Orig. B

165, 423 - 434

TEN CATE, L. (1963):

Eine einfache und schnelle bakteriologische Betriebskontrolle in Fleisch verarbeitenden Betrieben mittels Agar-Würsten in Rilsan-Kunstdarm.

Fleischwirtsch. 15, 483 - 487

THPAN, V. (1979):

Mikrobiologische Untersuchung von Oberflächen - ein Probenahmegerät.

Fleischwirtsch. 59, 950 - 952

TIMONEY, J. F., H. C. NEIBERT and F. W. SCOTT (1978):

Feline Salmonellosis - A Nosocomial Outbreak and Experimental Studies.

Cornell Vet. 68, 211 - 219

TOLON, M. u. K. BOTZENHART (1974):

Versuche zur Wirksamkeit von UV-Strahlern zur Luft-entkeimung im Krankenhaus.

Öff. Gesundheitswes. 36, 799 - 806

WALTER, W. G. (1955):

Symposium on Methods for Determining Bacterial Contamination on Surfaces.

Bacteriol. Rev. 19, 284 - 287

WANNER, H. U. (1969):

Untersuchungen über den Keimgehalt in der Luft von Operationssälen.

Schweiz. Med. Wochenschr. 99, 641 - 646

WANNER, H. U. (1972):

Untersuchungen über die Wirkung von Ultraviolettstrahlen auf den Keimgehalt der Raumluft.

Schweiz. Med. Wochenschr. 102, 670 - 677

WERNER, H.-P., H. DUNKELBERG, E. H. PFEIFFER u. J. WITTIG (1976):

Hygienisch-bakteriologische Vergleichsuntersuchungen an 50 Krankenhäusern - I. Methoden und Ziele der Kontrolluntersuchungen.

Zentralbl. Bakteriol. Hyg., I. Abt. Orig. B 161, 387 - 398

WERNER, H.-P., U. SWINKE u. G. WERNER (1977):

Entwicklung einer neuen Prüfmethode für Flächen-desinfektionsverfahren - III. Mitteilung: Die Keimrückgewinnungsraten beim Abdruckverfahren in Abhängigkeit vom Material und der Keimart.

Zentralbl. Bakteriol. Hyg., I. Abt. Orig. B 165, 20 - 42

WEUFFEN, W. (1980):

Aufgaben, Schwerpunkte und Risiken der chemischen Desinfektion.

Swiss. Med. 2, 47 - 54

WÖRNER, R., G. SEIDEL u. K. LOEFFLER (1975):

Bakteriologische Befunderhebungen in einem Kleintier-Operationsraum zur Erkennung von Infektionsquellen.

Dtsch. Tierärztl. Wochenschr. 82, 24 - 27

ZEILLER, P. (1966):

Zum Problem des Hospitalismus in der Tierchirurgie.

Berl. Münch. Tierärztl. Wochenschr. 79, 164 - 167

Herrn Prof. Dr. S. Grund danke ich für die Überlassung des Themas und die mir stets gewährte Unterstützung bei der Durchführung und Abfassung dieser Arbeit.

Gleichfalls danke ich allen Mitarbeitern des Laboratoriums für Elektronenmikroskopie im Fachbereich Veterinärmedizin der FU Berlin für ihre Hilfsbereitschaft bei der Erstellung dieser Arbeit.

Weiter danke ich den Mitarbeitern des Instituts für Mikrobiologie im Fachbereich Veterinärmedizin der FU Berlin für die erwiesene Hilfe bei der Herstellung der Nährböden.

Mein Dank gilt ebenso Herrn Prof. Dr. H. Rüden aus dem Institut für Allgemeine Hygiene im Fachbereich Natur- und sozialwissenschaftliche Grundlagenmedizin und medizinische Ökologie der FU Berlin für die Überlassung des Andersen-Samplers.

Herrn Prof. Dr. H. Weiß aus dem Fachgebiet Biometrie im Fachbereich Veterinärmedizin der FU Berlin danke ich für die wertvollen Anregungen zur biometrischen Auswertung der Ergebnisse.

Mein besonderer Dank gebührt den Mitarbeitern der Klinik und Poliklinik für kleine Haustiere im Fachbereich Veterinärmedizin der FU Berlin für die Genehmigung zur Durchführung der Untersuchungen und für das an der Arbeit gezeigte Interesse.

Lebenslauf

Name: Berger

Vorname: Marianne

Geboren: 09.12.1957 in Münsterhausen

Vater: Georg Berger

Mutter: Anna Berger, geb. Drexel

Beruflicher Werdegang: Abitur im Juni 1977 am Simpert-Kraemer-Gymnasium in Krumbach.
Studium der Veterinärmedizin ab Wintersemester 1977/78 an der Freien Universität Berlin.
Tierärztliche Prüfung am 18.01.1983
Bestallung als Tierärztin am 07.02.1983
Wissenschaftliche Mitarbeiterin (Vertretung) seit dem 01.07.1984 im Laboratorium für Elektronenmikroskopie am Fachbereich Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin.

